

3100000011393



TUGAS AKHIR
OE 1701

**STUDI KECEPATAN SEDIMENTASI
PADA DESAIN PELABUHAN TELUK RATAI**

RSke
551 303
Moe
S-1
1998



Disusun Oleh :

MOCH. ISNAN TN.
NRP : 4390100020

29-6-98
H
8643

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1998



LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI KECEPATAN SEDIMENTASI PADA DESAIN PELABUHAN TELUK RATAI

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Untuk Menyelesaikan Studi
Program Sarjana
Pada
Program Studi TeknIk Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya**

Mengetahui / Menyetujui :

Dosen Pembimbing



Dr. Jr. W.A. Dratikto, M. Sc
NIP.130816210

SURABAYA

1998



ABSTRAK

ABSTRAK

Perhitungan ulang kecepatan transportasi sedimen di lokasi rencana Pelabuhan Teluk Ratai dilakukan pada kondisi awal sebelum dibangun. Hasil perhitungan tersebut akan dijadikan sebagai acuan untuk menghitung laju sedimentasi pada masing-masing desain pelabuhan yang direncanakan.

Hal ini juga dimaksudkan untuk mendapatkan kepastian diantara beberapa bentuk desain break water tersebut yang paling baik dalam mengurangi laju sedimentasi. Mengingat letak Pelabuhan Teluk Ratai yang direncanakan berada pada ± 30 km arah selatan Bandar Lampung, adalah merupakan teluk yang terbuka terhadap selat Sunda. Disamping itu sebagian merupakan pantai berpasir, berkarang, dan berlereng landai. Kondisi semacam ini sangat riskan untuk terjadinya proses perpindahan sedimen, baik erosi maupun akresi.

Proses perhitungan transportasi sedimen dilakukan dengan bantuan program komputer, paket program Excel dan bahasa program Pascal. Sedangkan metode perhitungan transportasi sedimen adalah formula yang diberikan oleh Bijker (Bijker Transport Formula). Selanjutnya dilakukan analisa kecepatan sedimentasi untuk masing-masing desain yang terpilih.

Hasil akhir dari penulisan Tugas Akhir ini adalah didapatkan rekomendasi bentuk layout Pelabuhan Teluk Ratai yang paling optimum, ditinjau dari segi kecepatan sedimentasi dengan masih didalam batas-batas variabel perencanaan yang lainnya. Sehingga gangguan terhadap aktifitas pelabuhan dan biaya pengerukan dapat diminimalisasi.



KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan Rohmat, Taufiq, dan Hidayah-Nya pada penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul “ *STUDI KECEPATAN SEDIMENTASI PADA DESAIN PELABUHAN TELUK RATAI* “. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, dan meraih gelar kesarjanaan.

Pada kesempatan ini penulis hendak menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

- Bapak Ir. Widi Agus Pratikto, M.Sc.,Ph.D., selaku dosen pembimbing atas kesabaran dan bimbingan beliau dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Bapak Dr. Ir. Eko Budi Djatmiko, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Kelautan, yang selalu memperhatikan dan membantu kepentingan para mahasiswa.
- Bapak Dr. Ir. P. Indiyono, M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kelautan yang mengurus kepentingan para mahasiswa.
- Bapak Ir. J. J. Soedjono, M.Sc., selaku dosen wali yang banyak memberi nasehat dan motivasi kepada penulis selama studi.
- Bapak Kolonel Sarpin, Kasintel Armada Barat, TNI-AL beserta staf, yang telah membantu dalam pengurusan ijin pengambilan data.

- Bapak Ir. Soebandono, Ketua Proyek Teluk Ratai, beserta staf BPP Tenologi, yang membantu dalam pengurusan data.
- Bapak Suntoyo, ST. dan Rudi W.P., ST, selaku dosen, teman, maupun saudara yang banyak membantu dan memacu penulis.
- Seluruh dosen, karyawan, & teman-teman di FTK -ITS, yang secara langsung maupun tidak membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
- Ayah - Bunda, kak Syam & teteh, de' mBang, de' Dian, serta seluruh keluarga yang selalu membantu dalam usaha dan doa.
- Jeng Ayu, Bapak-Ibu, kakak & adik-adik atas kesabaran dan doanya.
- Saudaraku Al-Dik & Ziz, Nugrah, Boedi cs, dan teman seperjuangan lainnya atas bantuan dan doanya.
- Joeco, Julie, dan teman-teman di Keputih Tegal 9 semuanya.

Penulis menyadari masih banyak sekali kekurangan dalam menyusun Tugas Akhir ini. Oleh sebab itu saran dan kritik dari semua pihak sangat diharapkan sebagai masukan untuk terus memperbaiki ketidaksempurnaan buku ini.

Akhir kata, semoga karya tulis ini bermanfaat bagi kita semua. Dan hanya kepada Allah kita memuji, Sholawat dan Salam semoga tersampai kepada Rosululloh SAW.

Surabaya, Maret 1998

Penulis



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii

BAB 1 PENDAHULUAN

1. 1	umum	1 - 1
1. 2	LATAR BELAKANG MASALAH	1 - 3
1. 3	MAKSUD DAN TUJUAN	1 - 5
1. 4	BATASAN MASALAH	1 - 7
1. 5	METODOLOGI	1 - 8

BAB 2 PENGUMPULAN DATA

2.1.	UMUM	2 - 1
2.2	PENGUMPULAN DATA SEKUNDER	2 - 2
	2.2.1 Data Bathymetry	2 - 2
	2.2.2 Data Topografi	2 - 6
	2.2.3 Data Hidro-Oceanografi	2 - 8
	2.2.4 Data Meteorologi dan Gelombang	2 - 10

BAB 3 PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

3.1.	ANALISA DATA PASANG SURUT	3 - 1
	3.1.1 Pasang Surut Tahunan	3 - 4
	3.1.2. Pasang Surut Musiman	3 - 5
	3.1.3. Pasang Surut di Teluk Lampung.	3 - 7
3.2.	ANALISA DATA ARUS	3 - 8

3.3.	ANALISA DATA ANGIN	3 -12
3.4.	ANALISA GELOMBANG	3 - 15
3.4.1.	Analisa Gelombang Hasil Pengamatan	3 - 16
3.4.2.	Pembangkitan Gelombang Karena Angin	3 - 17
3.4.3.	Analisa Tinggi Gelombang pada Model Pelabuhan Teluk Ratai	3 -27
3.4.3.1	Umum	3 - 27
3.4.3.2	Skala Parameter Model	3 - 28
3.4.3.3	Hasil Uji Penetrasi Gelombang	3 - 29
3.5	ANALISA CONTOH DASAR LAUT	3 - 34
3.6	REFRAKSI / DIFRAKSI GELOMBANG	3 - 37
3.6.1.	Efek Pendangkalan (Shoaling Effect)	3 - 38
3.6.2.	Refraksi Gelombang	3 - 40
3.6.3	Defraksi Gelombang	3 - 42
3.6.4	Gelombang Pecah	3 - 43

BAB 4 PERHITUNGAN TRANSPORTASI SEDIMEN

4.1.	TRANSPORTASI SEDIMEN	4 - 1
4.1.1.	Umum	4 - 1
4.1.2.	Sumber-sumber yang Mempengaruhi Sedimen Transpor	4 - 3
1.	Sungai.	4 - 4
2.	Angin	4 - 5
3.	Arus	4 - 5
4.	Pasang-surut	4 - 5
5.	Dasar Laut dan Morfologi Pantai	4 - 6
6.	Beach Nourishment	4 - 6
7.	Deposit Biologis	4 - 6
8.	Gelombang	4 - 7
4.1.3.	Macam-macam Sediment Transport	4 - 9

4.1.4.	Perubahan Garis Pantai karena Keberadaan Struktur Pantai.	4 - 13
4.2.	TEORI PERHITUNGAN TRANSPORTASI SEDIMEN ...	4 - 18
4.3.	BIJKER TRANSPORT FORMULA	4 - 21

BAB 5 PENENTUAN LAY OUT PELABUHAN TELUK RATAI

5.1	UMUM	5 - 1
5.2	PEMILIHAN MODEL PELABUHAN TELUK RATAI	5 - 2
5.3	PERHITUNGAN LAJU SEDIMENTASI PADA TIAP - TIAP MODEL.	5 - 9
5.3.1	Menghitung Transportasi Sedimen Awal.	5 - 9
5.3.2	Menghitung Sedimentasi pada Model Tanpa Break Water.	5 - 14
5.3.3	Menghitung Sedimentasi pada Model Dengan Break Water.	5 - 15
5.3.4	Menghitung Sedimentasi pada Model Dengan Detach Break Water	5 - 17
5.3.5	Menghitung Sedimentasi pada Model Dengan Onshore Break Water	5 - 19
5.4	PEMBAHASAN	5 - 22

BAB 6 PENUTUP

6.1	KESIMPULAN	6 - 1
6.2	SARAN	6 - 3

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Pola Sedimentasi Setelah Adanya Groin Sementara	1 - 5
Gambar 1.2	Foto Arah Sedimentasi Pada Lokasi Pelabuhan Teluk Ratai	1 - 6
Gambar 1.3	Peta Lokasi Pangkalan Utama TNI AL Teluk Ratai	1 - 10
Gambar 2.1	Survei Bathymetry	2 - 3
Gambar 2.2	Lintasan Kapal Survei.	2 - 4
Gambar 2.3	Lokasi Stasiun Meteorologi dan Gelombang	2 - 13
Gambar 2.4	Lokasi Stasiun Arus dan Pasang Surut	2 - 13
Gambar 2.5	Lokasi Stasiun Pengambilan Material Dasar Laut ...	2 - 13
Gambar 3.1	Skema posisi Bumi, Bulan, dan Matahari	3 - 2
Gambar 3.2	Kondisi Arus Perairan Teluk Ratai	3 - 11
Gambar 3.3	Bentuk gelombang SEA dan SWELL	3 - 18
Gambar 3.4	Koeffisien Koreksi terhadap perbedaan temperatur udara dan air	3 - 24
Gambar 3.5	Koeffisien Koreksi terhadap pengaruh pencatatan kecepatan angin di darat.	3 - 24
Gambar 3.6	Proses Refraksi Gelombang untuk Contour Parallel ..	3 - 42
Gambar 3.7	Defraksi Gelombang	3 - 43
Gambar 4.1	Gerak sedimen di daerah control	4 - 2
Gambar 4.2	Pertemuan Air Sungai dan Air Laut	4 - 4
Gambar 4.3	Bed load transport	4 - 10
Gambar 4.4	Suspended transport	4 - 11
Gambar 4.3	Scour pada Dinding Vertikal	4 - 13
Gambar 4.4	Tipe Scour	4 - 14
Gambar 4.5	Klasifikasi Perubahan Morfologi Pantai Akibat Penambahan Struktur Pantai.	4 - 16

Gambar 5.1	Pola Titik-titik Pengamatan Penetrasi Gelombang tanpa Break Water	5 - 5
Gambar 5.2	Pola Titik-titik Pengamatan Penetrasi Gelombang dengan Break Water	5 - 6
Gambar 5.3	Pola Titik-titik Pengamatan Penetrasi Gelombang dengan Detached Break Water	5 - 7
Gambar 5.4	Pola Titik-titik Pengamatan Penetrasi Gelombang dengan Onshore Break Water	5 - 8
Gambar 5.6	Daerah Sedimentasi Model Pelabuhan dengan Break Water	5 - 16
Gambar 5.5	Daerah Sedimentasi Model Pelabuhan tanpa Break Water	5 - 14
Gambar 5.7	Daerah Sedimentasi Model Pelabuhan dengan Detach Break Water	5 - 18
Gambar 5.8	Daerah Sedimentasi Model Pelabuhan dengan Onshore Break Water	5 - 20



DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tabel Fluktuasi Air di Perairan Teluk Ratai selama Bulan Juni 1987 - Mei 1988	3 - 5
Tabel 3.2	Tabel Tinggi Air Tertinggi dan Terendah di Stasiun Pasang Surut Musiman Perairan Teluk Ratai	3 - 6
Tabel 3.3	Frekwensi Arah dan Kecepatan Angin Bulan Juni '87 - Mei '88 di Lokasi P. Maitem, Teluk Ratai	3 - 12
Tabel 3.4	Prosentase Arah dan Kecepatan Angin Bulan Juni '87 - Mei '88 di Lokasi P. Maitem, Teluk Ratai	3 - 13
Tabel 3.5	Rekapitulasi Arah dan Kecepatan Angin di Stasiun Pengamat P. Maitem Teluk Ratai	3 - 15
Tabel 3.6	Tabel Rekapitulasi Gelombang Tahunan Bulan Juni 1987 - Mei 1988.	3 - 17
Tabel 3.7	Tabel Perhitungan Fetch Efektif di Perairan Teluk Ratai	3 - 25
Tabel 3.8	Tabel perhitungan tinggi Gelombang Significant	3 - 25
Tabel 3.9	Tinggi dan Periode Gelombang untuk Beberapa Periode Ulang	3 - 26
Tabel 3.10	Tinggi dan Periode Gelombang untuk Periode Ulang 2, 5, dan 10 Tahunan	3 - 26
Tabel 3.11	Skala Parameter Model di Kolam Gelombang	3 - 28
Tabel 3.12	Nilai Parameter Model Gelombang	3 - 29
Tabel 3.13	Tinggi Gelombang untuk Model Tanpa Break Water .	3 - 30
Tabel 3.14	Tinggi Gelombang untuk Model Dengan Break Water	3 - 31
Tabel 3.15	Tinggi Gelombang untuk Model Dengan Detached Break Water	3 - 32
Tabel 3.16	Tinggi Gelombang untuk Model Dengan Onshore Break Water	3 - 33
Tabel 3.17	Klasifikasi Ukuran Partikel Sedimen Menurut Wenworth	3 - 35

Tabel 4.1	Tipe Perubahan Morfologi Pantai Menurut Tanaka ...	4 - 17
Tabel 4.3	Tabel Klasifikasi Umum untuk Memprediksi Longshore Sediment Transport	4 - 21
Tabel 5.1	Perhitungan Distribusi Longshore Sediment Current di Perairan Teluk Ratai pada Kondisi Awal	5 - 12
Tabel 5.2	Perhitungan Longshore Sediment Transport	5 - 13





DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A : Data angin tiap bulan dan wind rose
- Lampiran B : Wave rose gelombang tiap bulan
- Lampiran C : Contoh material dasar laut
- Lampiran D : Tabel Koeffisien Defraksi
- Lampiran E : Tabel prosentase tinggi gelombang di kolam labuh.

Sekiranya penduduk negeri itu, beriman serta bertaqwa, tentulah Kami akan membuka kepada mereka (pintu pengurniaan) yang melimpah-limpah berkatnya, dari langit dan bumi. Tetapi jika mereka mendustakan (Rasul Kami), maka Kami timpakan atas mereka azab disebabkan apa yang mereka telah usahakan.
(QS. Al A'raf :96)



BAB I

P E N D A H U L U A N

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 UMUM

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan luas wilayah $\frac{1}{3}$ berupa daratan atau kurang lebih 1,9 juta km² dan $\frac{2}{3}$ sisanya yakni kira-kira 3,27 juta km² berupa lautan / perairan. Disamping itu wilayah negeri ini terdiri atas ribuan pulau besar dan kecil (tak kurang dari 17.000 pulau), berpenghuni maupun tak berpenghuni yang tersebar mulai dari Sabang di ujung Sumatra sampai dengan Merauke di ujung Irian Jaya. Kondisi wilayah yang terpisah - pisahkan oleh perairan ini menuntut tersedianya armada pengaman yang memadai, guna menjaga kesetabilan pertahanan dan keamanan diseluruh wilayah negeri. Gangguan keamanan ataupun kekacauan di salah satu wilayah kepulauan RI pada dasarnya merupakan ancaman bagi seluruh negeri. Maka adanya jajaran Armada yang kuat mutlak diperlukan untuk mewujudkan kesetabilan politik di seluruh wilayah negeri tercinta ini. Di pundak TNI - AL dibebankan tugas yang berat ini, yaitu menjadi penghubung dalam segi Pertahanan dan Keamanan antar pulau-pulau yang terpisahkan oleh lautan/perairan tersebut sehingga seolah-olah menjadi satu kesatuan yang tak terpisah-pisahkan. Semua itu

pada gilirannya sangat menentukan untuk tercapainya tujuan pembangunan nasional.

Pembangunan pelabuhan Teluk Ratai ini mempunyai maksud strategis yaitu untuk memperkuat jajaran Armada RI kawasan Barat pada khususnya dan wilayah RI pada umumnya. Pangkalan Utama TNI-AL Teluk Ratai ini akan menjadi salah satu andalan TNI - AL dalam melaksanakan aktivitasnya. Dalam perencanaannya pembangunan Lantamal Teluk Ratai ini akan dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas pelabuhan yang meliputi fasilitas labuh untuk kegiatan operasi, kegiatan pemeliharaan, kegiatan perbaikan kapal-kapal Armada TNI-AL serta fasilitas-fasilitas penunjang lainnya.

Dengan adanya fasilitas-fasilitas yang memadai pada pelabuhan Teluk Ratai ini diharapkan gangguan-gangguan keamanan di kawasan barat RI dapat lebih mudah dipantau, dikendalikan, dan diatasi dengan segera. Sebagaimana telah diketahui bahwa Selat Malaka merupakan jalur lalu-lintas pelayaran Internasional yang rawan terhadap bahaya-bahaya seperti : bajak laut, penyelundupan barang ataupun orang dari dan ke luar negeri, dan lain-lain. Disamping untuk mengatasi / mengantisipasi masalah-masalah tersebut diatas, rencana pembangunan pelabuhan ini juga dimaksudkan untuk meningkatkan pengamanan perairan RI khususnya di kawasan Barat dari pencurian kekayaan laut, seperti penangkapan ikan secara ilegal. Selama kurun tahun 1996 saja telah berhasil ditangkap 58 kapal nelayan berbendera Thailand yang

melakukan penangkapan ikan secara tidak sah di wilayah perairan ini. Pelanggaran yang mereka lakukan bervariasi dari penggunaan jaring yang tidak sesuai dengan rekomendasi, penggunaan surat izin aspal (asli tapi palsu), atau bahkan tanpa surat izin resmi dari pemerintah RI. Untuk bahaya pencurian kekayaan alam laut di wilayah Barat, perairan yang rawan adalah : Laut Aceh Barat, Laut Aceh Timur, dan Laut China Selatan.

1.2 LATAR BELAKANG MASALAH

Banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan pembangunan suatu pelabuhan. Masalah sedimentasi adalah salah satu faktor yang perlu dipertimbangkan walaupun bukan merupakan masalah yang langsung dipertimbangkan seperti halnya tinggi gelombang rencana pada kolam labuh, namun demikian sangat berguna untuk meminimalisasi gangguan operasi pelabuhan dan anggaran dana pengeluaran pelabuhan untuk aktivitas pengerukan. Data-data mengenai material sedimen serta bahan dasar pantai disekitar rencana pelabuhan sangatlah diperlukan untuk menentukan laju sedimentasi.

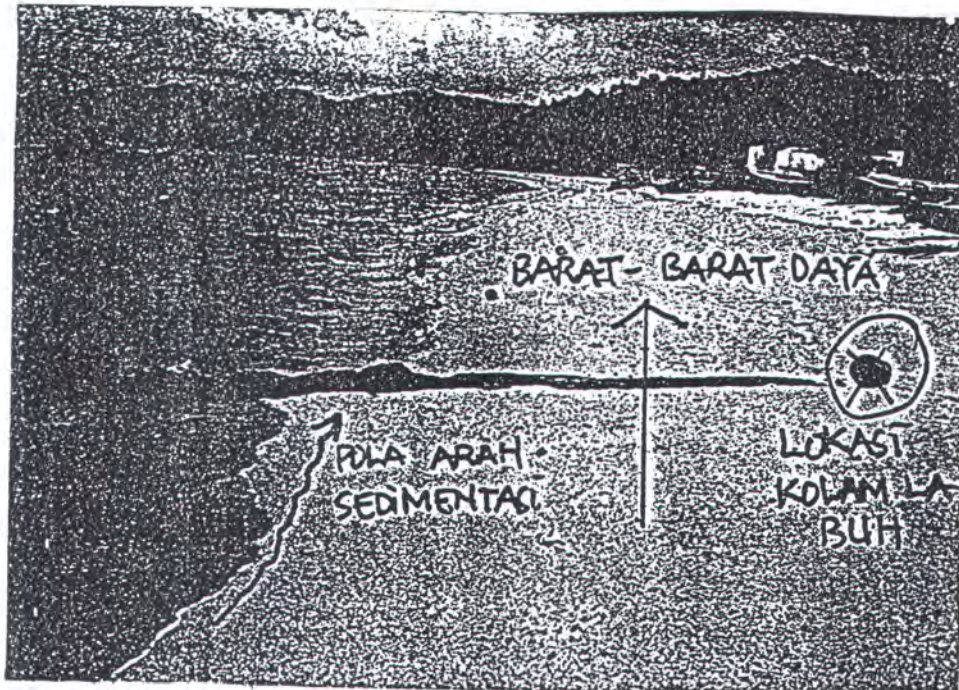
Berdasarkan pengamatan dan pengumpulan data yang meliputi jenis & ukuran sedimen yang melayang dan tanah dasar laut disekitar rencana pelabuhan Teluk Ratai, diketahui diameter rata-rata D_{50} tanah dasar pantai sebelah barat Teluk Ratai 0.1 mm. Dari penginderaan SPOT dan pelacakan langsung dilapangan, diketahui garis pantai di muara Teluk Ratai masih terus bertambah.

Hasil perhitungan konsorsium kerja APARC Dwi Delta menunjukkan bahwa jumlah sedimen apung yang terbawa arus sungai ke laut adalah sebesar 360.000 m³/tahun, dan sedimen dasar sebesar 16.000 m³/tahun. Hal ini menyiratkan, meskipun garis pantai di muara sungai Way Ratai dan Way Sabu masih terus bergerak, namun demikian terlihat bahwa pergerakannya cukup lambat. Karena kawasan pantai Teluk Ratai cukup dalam dan luas maka diperkirakan baru akan tertutup endapan sedimen dari muara sungai setelah 50 tahun atau lebih, atau mungkin sebelum itu garis pantai telah mencapai kesetimbangan.

Potensi ancaman sedimentasi pada kolam labuh Pangkalan Utama TNI-AL Teluk Ratai ini justru diakibatkan oleh gelombang yang datang dari arah tenggara, karena gelombang tersebut datang membentuk sudut terhadap pantai disebelah timur kolam labuh. Secara keseluruhan gelombang dari arah tenggara tersebut memberi pola longshore transport sediment dari arah timur-tenggara ke arah barat-barat daya. Pola ini akan terlihat pada foto yang diambil pada daerah lokasi dan semakin jelas terlihat ketika dibuat groin sementara di tempat yang direncanakan untuk kolam labuh (lihat gambar 1.1 dan 1.2).

Gelombang sebagai penyebab utama transportasi sedimen di daerah litoral. Adanya bangunan-bangunan yang didirikan dipantai, baik itu berupa groin, jettie, breakwater, dan lain-lain adalah sangat mempengaruhi transportasi sedimen, baik itu berupa akresi maupun erosi. Maka diperlukan pemilihan bentuk breakwater yang sesuai pada desain

Pelabuhan Teluk Ratai untuk mengurangi laju sedimentasi pada daerah - daerah yang ditinjau.

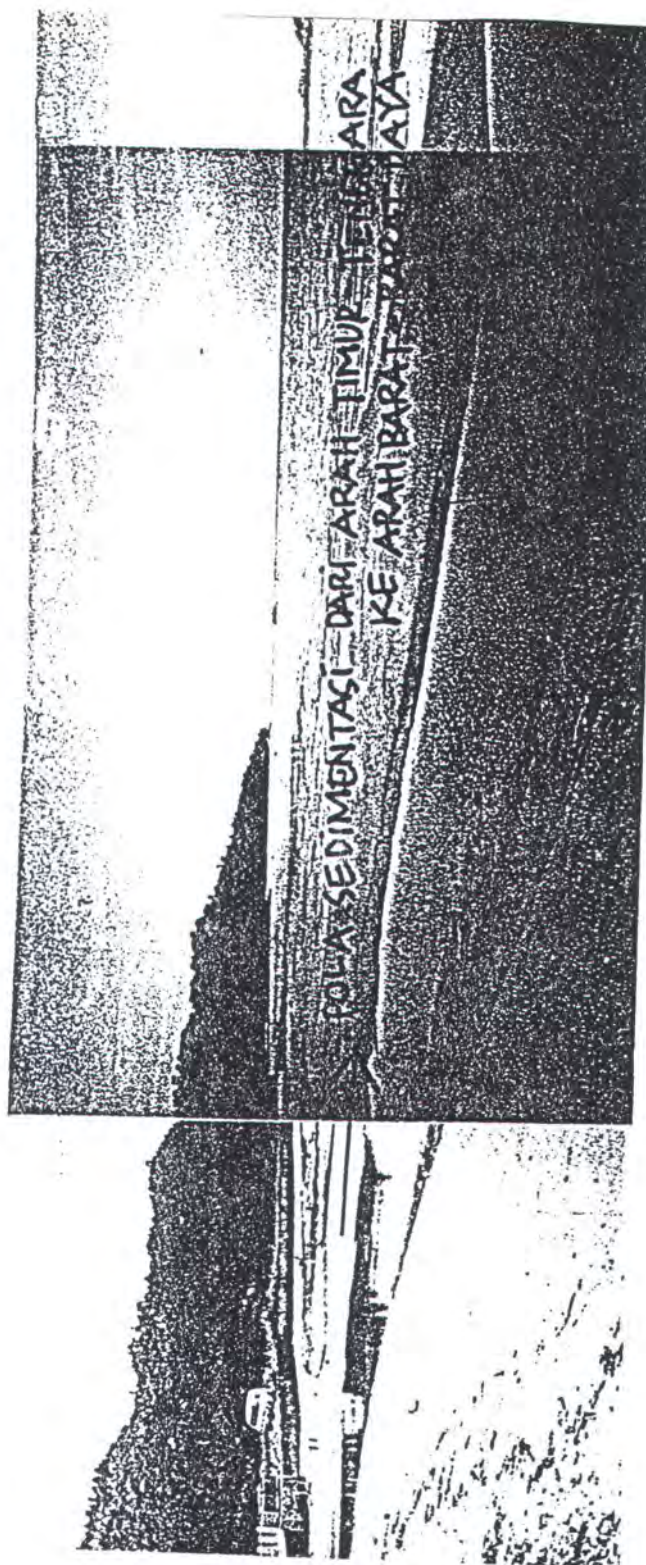


Gambar 1.1 Pola Sedimentasi Setelah Adanya Groin Sementara

1.3 MAKSUD DAN TUJUAN

Akhir dari tulisan ini diharapkan diperoleh suatu masukan berupa, antara lain :

- ✓ Data-data kecepatan sedimentasi untuk beberapa desain breakwater.
- ✓ Dapat menentukan bentuk lay-out Pelabuhan Teluk Ratai yang paling sesuai dengan kebutuhan, terutama ditinjau dari segi kecepatan sedimentasi yang paling kecil.



Gambar 1.2 Foto Arah Sedimentasi Pada Loksi Pelabuhan Teluk Ratai

- ✓ laju sedimentasi yang paling kecil pada beberapa desain rencana pelabuhan Teluk Ratai tersebut maka dapat meminimalisasi gangguan karena proses pengerukan dan mengurangi biaya pengerukan.

1.4 BATASAN MASALAH

Pembatasan masalah diperlukan dalam membuat karya ilmiah agar ruang lingkup studi tidak melebar. Disamping itu pembatasan masalah ini diperlukan untuk menyederhanakan suatu masalah sehingga bisa diselesaikan, yakni dengan membuat asumsi-asumsi yang dianggap benar. Pada karya tulis ini batasan-batasan masalahnya adalah kurang-lebih sebagai berikut :

1. Lokasi studi dibatasi hanya di daerah rencana Pelabuhan Teluk Ratai dan sekitarnya termasuk di daerah sekitar break water yang riskan terjadi erosi ataupun akresi.
2. Perhitungan laju sedimentasi dikhususkan pada longshore transport dengan arah gelombang dipilih yang paling dominan.
3. Tinggi gelombang pecah pada titik-titik di daerah yang dihitung laju sedimentasinya diperoleh dari amplifikasi gelombang hasil Tes Model Kolam Labuh Lantamal Teluk Ratai.
4. Dalam perhitungan laju sedimentasi hanya di pilih pada beberapa desain lay-out Pelabuhan Teluk Ratai yang telah ditentukan dan ditekankan pada sistemnya bukan pada detail strukturnya.

5. Data-data lingkungan yang digunakan adalah data-data sekunder yang diperoleh dari BPPT (data harian sepanjang tahun), dan data-data yang telah jadi / diolah yang digunakan pada perhitungan Tes Model Kolam Labuh Lantamal Teluk Ratai.

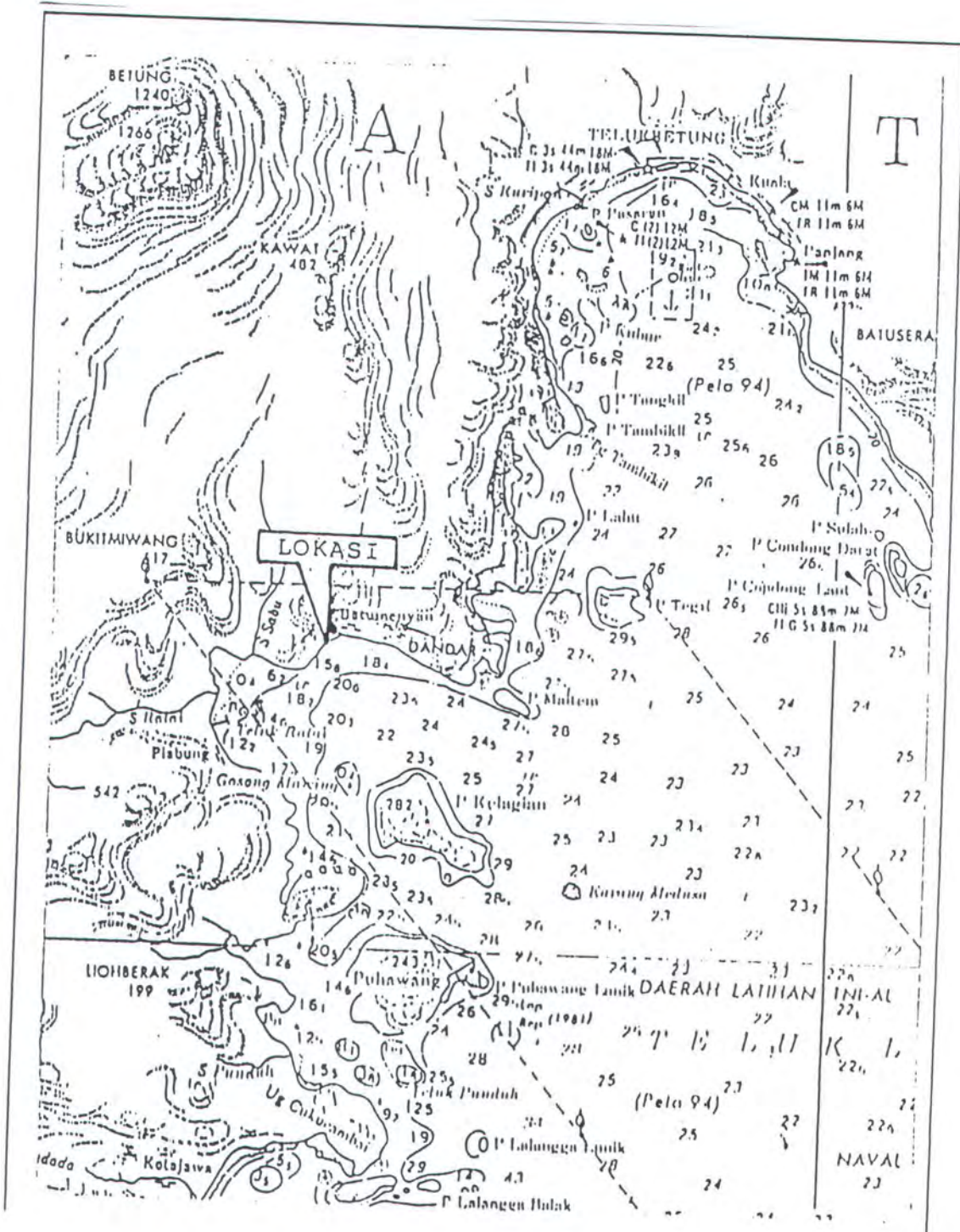
Pembatasan-pembatasan ini dilakukan karena terbatasnya waktu, dana, dan literatur yang ada.

1.5 METODOLOGI

Untuk mencapai tujuan yang dimaksudkan seperti diatas, maka metodologi pengerjaan Tugas Akhir yang dilakukan adalah mengikuti urutan sebagai berikut :

1. Pengumpulan dan analisa data yang meliputi data topografi (untuk mengetahui kondisi lingkungan Teluk Ratai), bathymetry (untuk mengetahui kemiringan pantai, beach slope) , data hidro-oseanografi (untuk mengetahui kondisi arus, pasang-surut, dan material dasar laut), serta data meteorologi dan gelombang (untuk mengetahui kondisi tinggi dan arah gelombang serta besar dan kecepatan angin) disekitar rencana kolam labuh.
2. Melakukan analisa amplifikasi gelombang hasil Tes Model Kolam Labuh Lantamal Teluk Ratai untuk mendapatkan informasi kecepatan arus rata - rata pada tiap titik yang ditinjau.
3. Pemilihan alternatif lay-out Pelabuhan Teluk Ratai.

4. Menghitung besarnya laju sedimentasi (khusus longshore transport) dilokasi rencana pelabuhan pada kondisi awal sebelum ada bangunan pelabuhan dan setelah adanya bangunan pelabuhan. Perhitungan laju sedimentasi dilakukan dengan menggunakan formulasi Bijker dengan bantuan program komputer (pascal & microsoft excel).
5. Pemilihan desain yang paling kecil laju sedimentasinya.
6. Kesimpulan.



Gambar 1.3 Peta Lokasi Pangkalan Utama TNI AL Teluk Ratai

(Sesungguhnya) orang-orang yang beriman dan berhijrah serta berjihad pada jalan Allah dengan harta benda dan jiwa mereka adalah lebih besar dan tinggi darjatnya di sisi Allah (daripada orang-orang yang hanya memberi minum orang-orang Haji dan orang yang memakmurkan masjid sahaja); dan mereka itulah orang-orang yang berjaya. (QS. At Taubah :20)



BAB II

PENGUMPULAN DATA

BAB 2

PENGUMPULAN DATA

2.1. UMUM

Untuk mendapatkan hasil perhitungan kecepatan sedimentasi yang memuaskan diperlukan dukungan data yang lengkap dan akurat. Selain data-data sekunder, yaitu data - data yang diperoleh tanpa melakukan pengamatan langsung dilapangan baik dari instansi-instansi resmi seperti Badan Meteorologi dan Geofisika, Dinas Hidro- Oseanografi TNI-AL, maupun instansi-instansi lain, maka diperlukan juga data yang bersifat primer yakni data yang diperoleh dengan pengamatan langsung dilapangan.

Karena keterbatasan waktu dan dana, maka pada karya tulis ini hanya menggunakan data-data yang bersifat sekunder. Sebagian besar data mengenai keadaan lingkungan dan lokasi studi diperoleh dari Dinas Hidro-Oseanografi TNI-AL yang bekerja sama dengan P.T. YALACIPTA ENGINEERING CONSULTANT. Lama pengamatan yang dilakukan untuk mengambil data-data tersebut hampir sama untuk setiap jenis data, yaitu masing-masing 1 (satu) tahun. Selain itu ada juga data-data yang diambil pada suatu musim tertentu saja. Data-data penunjang juga diperoleh dari laporan akhir (final report) Test Model Kolam Labuh Lantamal Teluk Ratai



yang dikeluarkan oleh BPP Teknologi. Lebih detail akan terlihat seperti pada subbab-subbab berikut ini.

2.2 PENGUMPULAN DATA SEKUNDER

Pengumpulan data sekunder meliputi data-data sebagai berikut :

- ✍ Peta Topografi untuk memetakan daratan disekitar Teluk Ratai.
- ✍ Peta laut (Bathymetric Chart) untuk perairan di lokasi rencana kolam labuh Teluk Ratai dan sekitarnya, diperoleh dari Dinas Hidro-Oseanografi TNI-AL yang bekerja sama dengan P.T. YALACIPTA ENGINEERING CONSULTANT. Peta ini dibuat dengan berbagai macam skala, antara lain 1 : 1.000, 1 : 10.000, dan skala lainnya.
- ✍ Data Hidro-oseanografi untuk mendapatkan informasi mengenai perilaku fisik perairan di lokasi studi, yang meliputi : data pasang surut, data arus, dan data material dasar laut.
- ✍ Data Meteorologi dan Gelombang untuk mendapatkan informasi cuaca di Teluk Ratai, di sini hanya data angin dan data gelombang yang akan diamati.

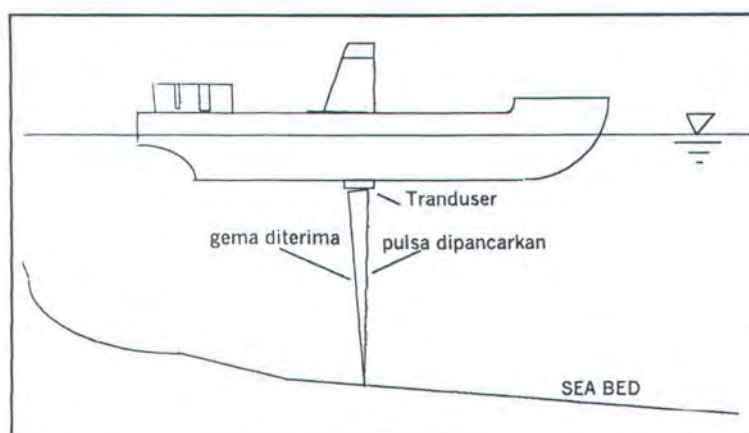
Penjelasan lebih detail dari data-data tersebut diatas akan diuraikan pada subbab-subbab di bawah ini.

2.2.1 Data Bathymetry

Survei Bathymetry dimaksudkan untuk mendapatkan informasi kedalaman dasar laut di perairan lokasi studi dan sekitarnya, Teluk Ratai.

Hasil dari pelaksanaan survei Bathymetry yang telah dilaksanakan tersebut dibuat dalam bentuk *peta kedalaman dasar laut* (*peta Bathymetry / Bathymetric Chart*). Kegunaan peta Bathymetry ini sangat beragam, diantaranya ialah : untuk navigasi kapal, pekerjaan-pekerjaan eksplorasi di laut, perencanaan jalur perpipaan, perencanaan kapal, penambatan bangunan lepas pantai, dan lain-lain. Pada karya tulis ini peta Bathymetry diperlukan untuk menentukan kemiringan dasar laut (*beach slope*).

Pelaksanaan pengukuran kedalaman dasar laut dilakukan dengan menggunakan kapal survey yang dilengkapi alat *Echo Sounding*. Pulsa suara dipancarkan dari alat pembangkit suara / sounder yang dinamakan Transmitting Tranduser, dan suara yang memantul / gema / echo dari dasar laut akan diterima oleh Receiving Tranduser. Waktu yang dibutuhkan oleh pulsa suara sejak saat dipancarkan hingga saat gema diterima diukur untuk menghitung kedalaman lokasi. Penentuan kedalaman dasar laut oleh kapal survei dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.1 Survei Bathymetry

Adapun rumusan untuk menghitung kedalaman dasar laut yaitu :

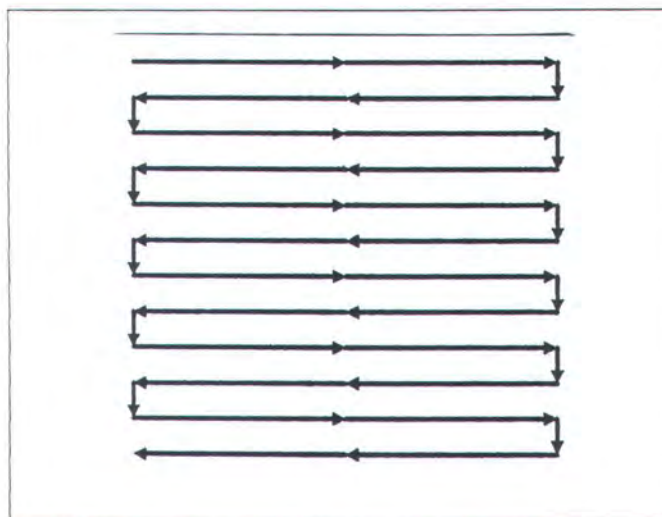
$$d = \frac{1}{2} v t \dots\dots\dots (2.1)$$

t = waktu perambatan pulsa suara di air laut saat dipancarkan sampai dengan saat di terima.

v = kecepatan suara di air laut.

Pulsa suara yang dipantulkan oleh dasar laut dan diterima oleh Receiving transducer itu kemudian direkam pada kertas Record dengan menggunakan gerakan stylus. Demikian seterusnya sehingga untuk merekam kedalaman suatu daerah tertentu diperlukan pergerakan kapal survei menurut lintasan tertentu pula. Yang diharapkan dengan lintasan kapal survei yang direncanakan itu bisa diprediksikan peta Bathymetry di perairan tersebut.

Contoh lintasan pergerakan kapal survei adalah seperti berikut :



Gambar 2.2. Lintasan Kapal Survei.

Untuk membuat lintasan sesuai yang direncanakan tersebut maka diperlukan kerjasama yang baik antara petugas di kapal survei dengan petugas di darat yang memantau gerakan kapal survei. Hal lain yang perlu diperhatikan diantaranya adalah :

1. Echosounding harus sering dikalibrasi untuk mengestimasi kecepatan suara di dalam air dan untuk menjamin ketepatan pengukuran kedalaman dasar laut.
2. Survei Bathymetry harus disertai pula dengan pengamatan pasang - surut dengan harapan angka-angka hasil pemeruman dapat dikoreksi terhadap fluktuasi pasang surut.
3. Gangguan-gangguan pada lintasan kapal survei yang direncanakan, misalnya adanya batu karang, kedalaman yang berubah mendadak, ombak yang besar dan kondisi cuaca yang tidak menentu, serta lain-lain kejadian selama survei.

Selain dengan peralatan echo sounding, untuk melaksanakan survei bathymetry juga di kenal peralatan Side Scan Sonar yang bisa memancarkan pulsa suara menyebar membentuk sudut ($\pm 20^\circ$) kearah samping kiri dan kanan. Dengan peralatan ini pemetaan dasar laut bisa lebih baik lagi dibandingkan dengan peralatan echosounding.

2.2.2 Data Topografi

Data topografi diperlukan untuk mengetahui bentuk permukaan daratan dan pantai disekitar rencana pelabuhan Teluk Ratai. Dari

pengamatan yang telah dilakukan maka dapat diketahui bahwa di Teluk Ratai hampir seluruh garis pantainya berbatu karang dengan kedalaman terjal sepanjang garis pantainya. Daratan disekitarnya berupa dataran dengan kemiringan 0 - 2° ke arah pantai. Sebagian besar telah menjadi tempat pemukiman penduduk, kebun kelapa / sawah, dan sebagian lagi yang dekat dengan pantai berupa hutan bakau. Beberapa sungai, Wai Ratai dan sungai lainnya punya bakat untuk banjir. Keadaan dasar laut disekitar Wai Ratai pada umumnya terdiri dari lumpur, sedang didekat pantai dasar laut pada umumnya terdiri dari batu karang.

Di daerah sekitar Batumenyan keadaan pantai pada umumnya landai dan terdapat tempat berlabuh untuk kapal-kapal kecil. Disekitar Batumenyan ini, pada daerah pegunungan lipatan berlereng terjal dengan kondisi batuan telah mengalami pelapukan cukup lanjut. Erosi permukaan di daerah ini cukup intensif karena gerakan tanah dan erosi sering terjadi baik berupa tanah longsor maupun urug batuan. Sedangkan di daerah sekitar Piabung hampir seluruh pantainya ditumbuhi oleh pohon bakau. Di depan garis pantai sampai jarak ± 100 meter terdapat batu-batu karang dan pada saat air surut, jelas kelihatan bahwa hampir seluruh pantainya merupakan pantai karang. Pada batas terluar pantai karang tersebut, nilai kedalaman berubah secara mendadak dengan gradien yang cukup besar. Sehingga garis kedalaman 15 meter dengan kedalaman yang lebih kecil nampak jelas. Dasar laut pada kampung Piabung Lama terdiri dari lumpur

dan pasir dengan kelebaran 50 meter sehingga merupakan tempat berlabuh yang baik bagi kapal-kapal kecil.

Disebelah Barat Laut pantai Kalagian terdapat pantai pasir berwarna putih menjorok kelaut sepanjang 3 meter dengan lebar 3 meter. Jalan masuk sebelah Selatan dan sebelah utara pulau Kalagian merupakan teluk yang cukup dalam dan aman. Bahaya pelayaran, Gosong Nawing di ujung Barat Laut dari pulau Kalagian terdiri dari dua buah karang yang menjadi kering dan selalu dapat dikenal dari perubahan warna.

2.2.3 Data Hidro-Oceanografi

Data Hidro-oseanografi diperlukan untuk mengetahui keadaan fisik alam yang diperkirakan akan mempengaruhi dan dipengaruhi oleh keberadaan bangunan kolam labuh yang derencanakan.

Data-data tersebut diperoleh melalui pengamatan-pengamatan sebagai berikut ini :

✕ Pengamatan Pasang-Surut.

Pengamatan fluktuasi muka air akibat pengaruh pasang-surut dilakukan untuk menentukan konstanta-konstanta pasang-surut. Selanjutnya konstanta-konstanta pasang surut ini digunakan untuk menganalisa muka air laut rata-rata (*Mean Sea Level / MSL*), muka air rendah (*Low Water Surface / LWS*), dan muka air tinggi (*High Water Surface / HWS*).

Data pasang surut di perairan Teluk Ratai selama ini didapat dari hasil survei Dinas Hidro-Oseanografi. Selain itu data juga diperoleh dari buku Kepanduan Bahari. Cara pengamatan dan penelitian pasang surut dengan menggunakan peralatan palem (tide pole). Kemudian data-data tersebut diolah dan dianalisa dengan menggunakan metode Admiralty yang menghasilkan tetapan - tetapan pasang surut (tidal constant). Ada 9 (sembilan) tetapan pasang surut yang dihitung, yaitu M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 , M_4 , dan MS_4 . Dari sembilan tetapan pasang surut tersebut dibuat analisan pasang surut, sifat pasang surut, penentuan muka surutan (Chart Datum) serta ramalan pasang surut. Hasil pengamatan akan lebih dijelaskan pada uraian bab 3.

✍ Pengamatan Arus.

Pengukuran arus dilakukan untuk mengetahui arah dan kecepatan arus. Pengamatan arus ini dilakukan di beberapa stasiun pengamatan. Peralatan yang digunakan adalah Current Meter tipe CN II. Arus sangat dipengaruhi oleh kondisi pasang surut di lokasi pengamatan (arus pasang surut), juga sangat dipengaruhi oleh perubahan musim (arus musim). Disamping itu konfigurasi bentuk pantai di lokasi pengamatan juga mempengaruhi pola arus yang ada.

✍ Pengambilan Contoh Material Dasar Laut.

Pengamatan terhadap contoh material dasar laut diperlukan sebab data tentang material dasar laut sangat penting untuk diketahui dalam studi ini. Sebagaimana diketahui littoral process adalah merupakan hasil interaksi antara arus, angin, gelombang, pasang-surut, sedimen,

dan lain-lain kejadian di daerah littoral. Jadi pengetahuan tentang jenis material dasar laut sangat diperlukan. Faktor yang terpenting dari material dasar laut dalam kaitannya dengan proses transportasi sedimen adalah karakteristik dari sedimen itu sendiri, antara lain : diameter (D) dan rapat massa (ρ_s).

Kondisi daerah hulu Teluk Ratai merupakan sumber bahan endapan dari ukuran bongkah sampai dengan lumpur. Bahan rombakan yang terangkut oleh beberapa buah sungai di wilayah ini sebagian akan terangkut hingga ke laut sebagai sedimen yang terdiri dari muatan dasar (*bed load*) maupun sebagai muatan tersuspensi (*suspended load*).

2.2.4 Data Meteorologi dan Gelombang.

Pengamatan meteorologi sangat diperlukan untuk mengetahui pengaruh cuaca terhadap rencana pembangunan Pelabuhan Teluk Ratai, dalam tulisan ini terutama kaitannya dengan pengaruh cuaca terhadap laju sedimentasi. Stasiun pengamatan Meteorologi didirikan diatas bukit di P. Maitem pada posisi $05^{\circ} 35' 44''$ LS - $105^{\circ} 14' 37''$ BT dengan kondisi merupakan lapangan terbuka, sehingga aliran udara dan penglihatan ke sekeliling stasiun tidak terhalang oleh bangunan maupun pepohonan. Luas tempat pemasangan alat 12 meter x 7 meter, dengan peralatan yang dipasang meliputi : Anemometer Wind Vane, Thermometer/ Thermograph, Psychrometer/ Hygograph, Barometer/ Barograph, Rain gauge Evaporimeter, Achtimograph, Sunshine Recorder, Thermometer Maximum,

dan Thermometer Minimum. Berkaitan dengan studi kecepatan sedimentasi ini maka pengamatan meteorologi dan gelombang terutama ditujukan pada pengamatan gelombang dan pengamatan angin.

✍ Pengamatan Gelombang.

Data tentang karakteristik gelombang sangat diperlukan dalam studi kecepatan sedimentasi. Karena sebagaimana diketahui gelombang dinyatakan sebagai penyebab utama transportasi sedimen di daerah littoral. Ada beberapa jenis pengamatan gelombang yang dilakukan di Teluk Ratai ini, yaitu : pengamatan gelombang tahunan dan pengamatan gelombang musiman. Stasiun pengamatan gelombang tahunan terdapat di satu tempat yaitu diantara Pulau Kalagian dan Pulau Maitem pada posisi $05^{\circ} 36' 25''$ LS - $105^{\circ} 14' 30''$ BT. Sedang stasiun pengamatan gelombang musiman terletak di tiga lokasi, masing-masing di sebelah selatan Batumenyan pada posisi $05^{\circ} 33' 57''$ LS - $105^{\circ} 15' 28''$ BT, di ujung timur P. Maitem pada posisi $05^{\circ} 35' 49''$ LS - $105^{\circ} 14' 38''$ BT, dan disebelah barat P. Tegal pada posisi $05^{\circ} 35' 19''$ LS - $105^{\circ} 11' 37''$ BT.

Parameter pengamatan gelombang yang diukur meliputi tinggi gelombang (cm), periode gelombang (detik), dan arah gelombang 000° - 355° atau dengan arah mata angin Utara sampai dengan Barat Laut.

Wave Recorder pada ke empat stasiun gelombang tersebut dipasang pada kedalaman 5 meter dari duduk tengah pada dasar laut yang rata.

Selain dengan peralatan Wave Recorder, sebagai tambahan

perlengkapan pengamatan gelombang secara visuil digunakan Wave Pole dengan dilengkapi Stop-watch dan teropong jauh. Pencatatan gelombang dengan interval waktu 4 jam sekali dari pukul 00.00 sampai dengan 24.00. Pengamatan gelombang tahunan dilakukan setiap hari selama satu tahun, yaitu dari tanggal 1 Juni 1987 - 31 Mei 1988.

✍ Pengamatan Angin.

Data tentang perilaku angin di lokasi studi adalah sangat penting untuk diketahui. Sebab terdapat hubungan yang sangat erat antara gelombang dan angin, sebagaimana telah diketahui bahwa penyebab pokok terjadinya gelombang adalah karena aksi angin (wind wave) dan gelombang karena gempa.

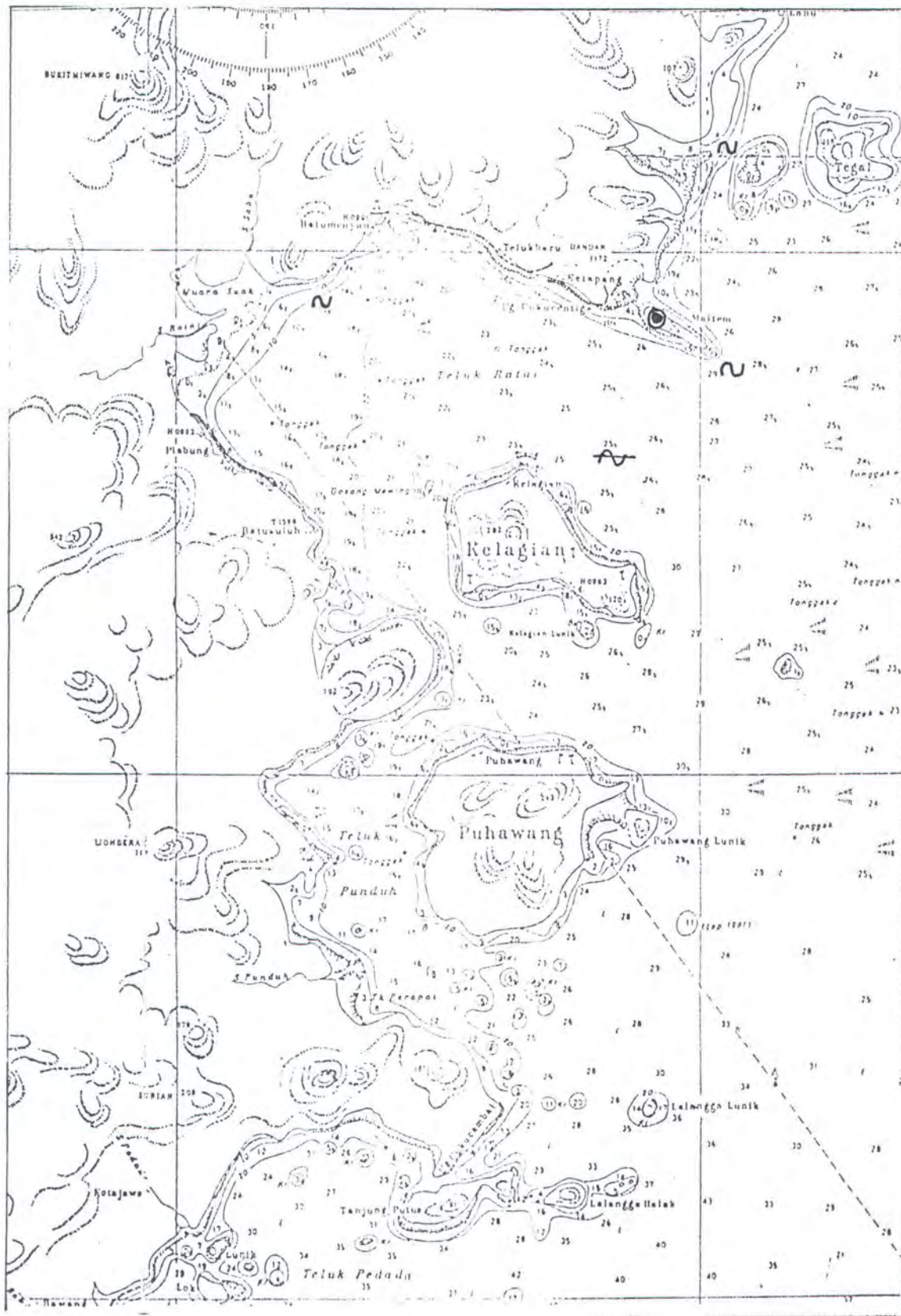
Pertumbuhan gelombang akibat pengaruh angin disuatu perairan dipengaruhi tiga faktor, yaitu :

- Jarak perairan yang dikuasai oleh angin (fetch).
- Kecepatan angin, dan
- Lamanya angin bertiup (duration).

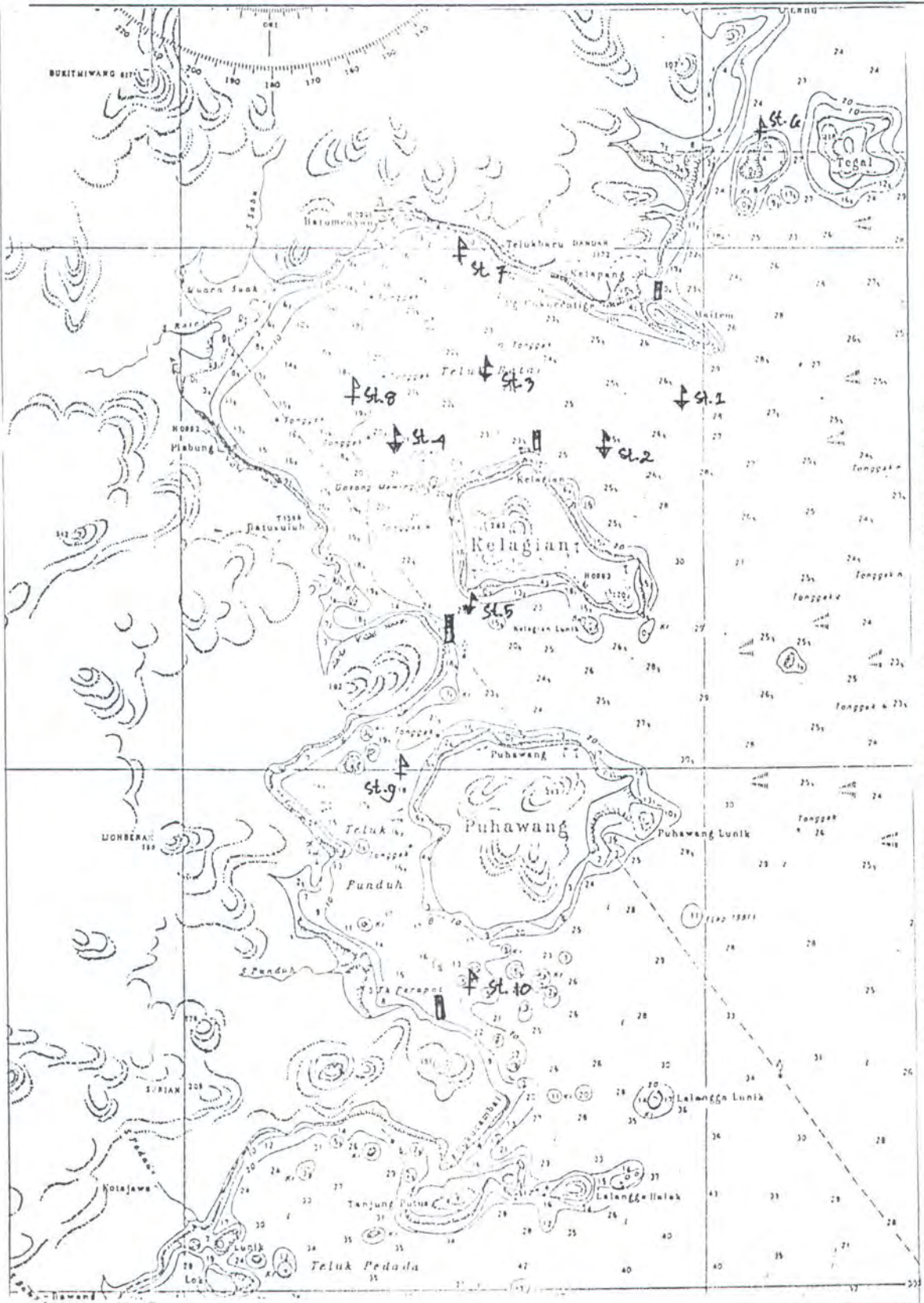
Bentuk perairan dan karakteristik hambatan di pantai menimbulkan perbedaan fetch, sehingga arah angin disuatu perairan mempunyai pengaruh terhadap tinggi gelombang.

Pengukuran kecepatan angin dengan menggunakan Anemometer, yang peletakkan sensor Anemometer-nya pada ketinggian 10 meter dari permukaan tanah. Satuan kecepatan angin yang digunakan adalah meter/detik dan knot. Sedang pengamatan arah angin ditentukan dengan peralatan wind-sach serta kompas. Arah

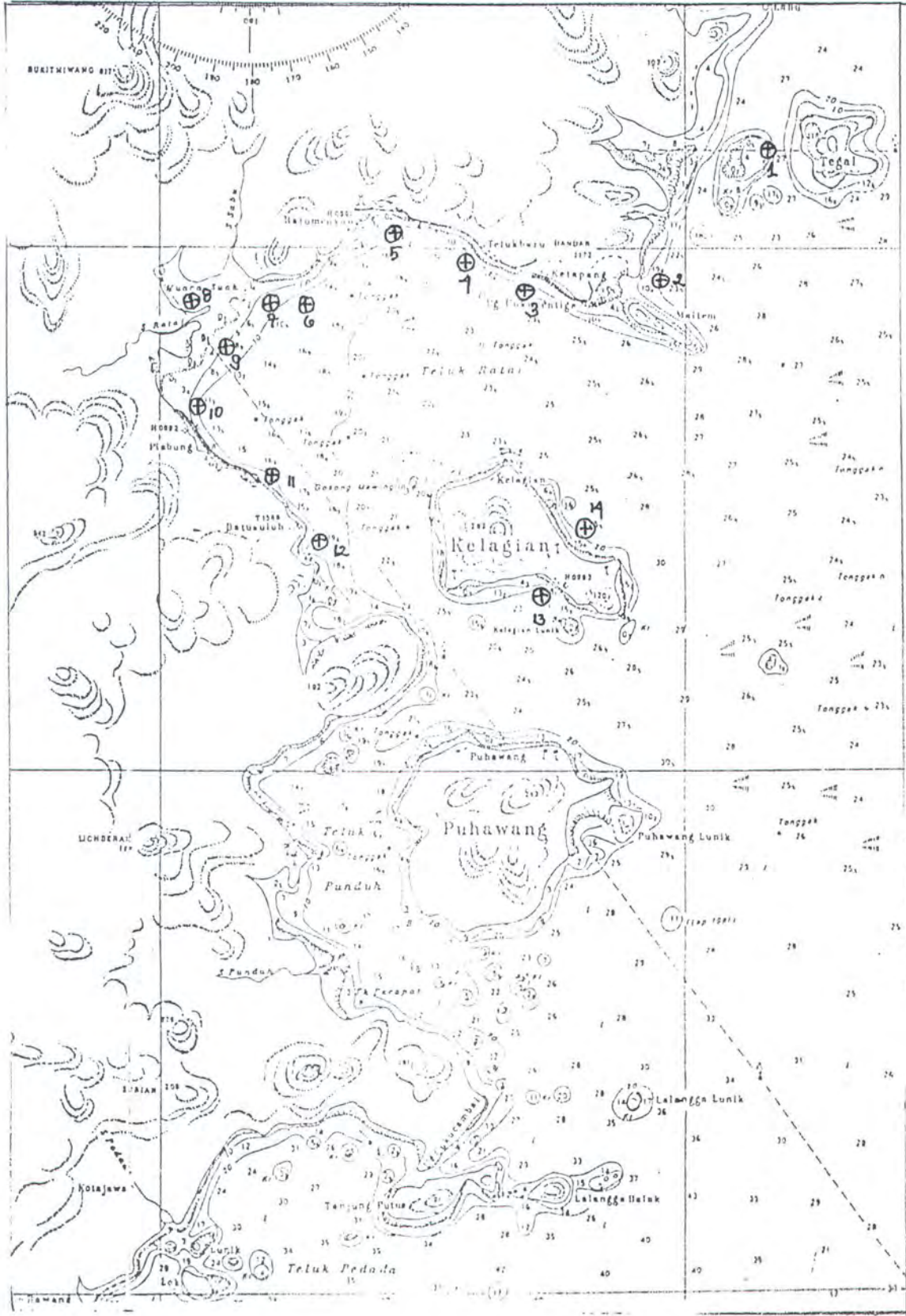
angin diidentifikasi dengan arah mata angin dan 000° - 359° . Data angin yang didapatkan adalah hasil pengamatan angin dari tanggal 1 Juni 1987 - 31 Mei 1988, dengan selang pembacaan tiap-tiap 1 jam.



Gambar 2.3 Lokasi Stasiun Meteorologi dan Gelombang



Gambar 2.4. Lokasi Stasiun Pengamatan Arus dan Pasang Surut



Gambar 2.5 Lokasi Pengambilan Contoh Dasar Laut

Adakah patut kamu menyangka bahawa kamu akan masuk syurga, padahal belum sampai kepada kamu (ujian dan cobaan) seperti yang telah berlaku kepada orang-orang yang terdahulu daripada kamu? Mereka telah ditimpa kepapaan (kemusnahan hartabenda) dan serangan penyakit, serta digoncangkan (oleh ancaman bahaya musuh), sehingga berkatalah Rasul dan orang-orang yang beriman yang ada bersamanya: Bilakah (datangnya) pertolongan Allah?" Ketahuilah sesungguhnya pertolongan Allah itu dekat (asalkan kamu bersabar dan berpegang teguh kepada ugama Allah).

(Al - Baqarah 214)



BAB III

P E N G O L A H A N D A N A N A L I S A D A T A



BAB 3

PENGOLAHAN DAN ANALISA DATA

3.1. ANALISA DATA PASANG SURUT

Pasang surut (Nur Yuwono, 1986) adalah peristiwa fluktuasi / naik turunnya air laut karena pengaruh gaya tarik menarik antara bumi dengan benda-benda langit lainnya, dalam hal ini terutama karena pengaruh gaya tarik bulan dan matahari dalam segala posisinya terhadap bumi. Terjadinya kenaikan air laut pada satu bagian permukaan bumi dan penurunan muka air laut pada muka bumi lainnya adalah diakibatkan adanya gaya tarik dari matahari maupun bulan, terutama oleh gaya tangensial (lebih dikenal dengan tractive force). Dari perhitungan gaya tractive ini maka dapat diketahui bahwa tractive force karena pengaruh bulan adalah dua kali lebih besar daripada yang disebabkan oleh matahari. Ada dua macam type pasang surut utama yaitu :

✓ ***Semi Diurnal Tide*** :

adalah pasang surut yang mempunyai periode 12,4 jam. Jadi dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Keadaan ini terjadi apabila poros perputaran bumi tegak lurus terhadap garis yang menghubungkan pusat bumi dan bulan.

✓ **Diurnal Tide :**

adalah pasang surut yang mempunyai periode 24 jam. Jadi dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Keadaan ini terjadi bila poros perputaran bumi tidak tegak lurus terhadap garis yang menghubungkan pusat bumi dan bulan.

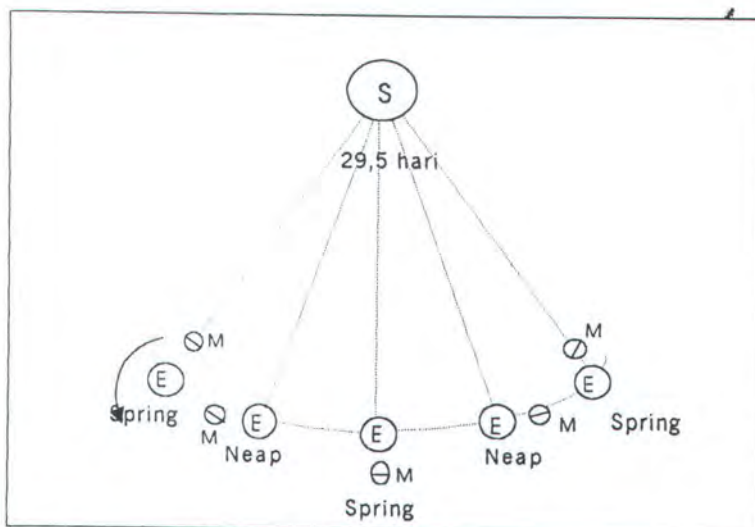
Pengaruh kombinasi antara bulan dan matahari terhadap pasang surut yang terjadi di bumi menyebabkan dua keadaan pasang surut (Nur Yuwono, 1986) , yaitu :

✓ **Spring Tide :**

pada keadaan ini terjadi dua keadaan maksimum, yakni HHW (high- high water) dan LLW (low-low water).

✓ **Neap Tide :**

pada keadaan ini terjadi LHW (low-high water) dan HLW (high-low water).



Gambar 3.1 Skema posisi Bumi, Bulan, dan Matahari

Spring tide atau neap tide tidak terjadi pada saat tepat terjadinya tractive force maksimum atau minimum, melainkan terjadi satu atau tiga hari setelah itu. Hal ini disebabkan karena efek enersia. Waktu tenggang ini dinamakan *the age of the tide*. Untuk keperluan peramalan gerakan air pasang surut diperlukan pencatatan selama 19 tahun, namun demikian bila data pencatatan telah ada selama 370 sudah memadai untuk dipakai untuk meramalkan gelombang walaupun tidak mencapai ketelitian yang tinggi.

Dalam kaitannya dengan rencana Pembangunan Pelabuhan Teluk Ratai, telah dilakukan pengamatan pasang surut di wilayah Teluk Lampung (Teluk Ratai merupakan bagian dari Teluk Lampung). Beberapa lokasi telah diamati di sepanjang Teluk Lampung ini, baik pengamatan pasut tahunan maupun pasut musiman. Lama pengamatan bervariasi dengan jangka waktu dari 15 hari sampai dengan 1 tahun. Di wilayah Teluk Ratai terdapat 3 stasiun pasut tahunan yaitu di Piabung, Muara Sabu, dan Teluk Baru. Sedang stasiun pasut musiman di P. Maitem, P. Kelagian, Pengeriangkan Ikan, dan Teluk Punduh. Disamping ketujuh stasiun ini juga dilakukan pengamatan di Tarahan, Serengsen, Pnjang, dan Teluk Betung.

Secara keseluruhan data yang diperoleh dari lapangan diolah dengan menggunakan metode Admiralty yang menghasilkan 9 ketetapan utama pasang surut (tidal constant) dari 112 konstanta yang dihitung (Dinas Hidro-Oseanografi, 1988). Kesembilan tetapan utama pasut ini

sangat berguna dalam analisa pasut, sifat pasut, penentuan muka surutan (chart datum), serta untuk peramalan pasang surut.

3.1.1. Pasang Surut Tahunan

Setelah diteliti ketiga stasiun pasang surut tahunan di wilayah Teluk Ratai menunjukkan bahwa sifat pasut di lokasi tersebut adalah sama. Jadi untuk menentukan karakter pasut di Teluk Ratai cukup ditentukan dari salah satu dari ketiga stasiun pasut tahunan itu. Hasil pengamatan adalah sebagai berikut :

♦ Type Pasut :

- Campuran yang condong kehariian ganda (Mix Semi Diurnal).

♦ Tidal constant :

Tidal Constant	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁
A (cm)	33	15	7	15	9	0,5	0,3	4	4
g (°)	199	263	173	264	250	27	100	259	264

♦ Duduk tengah :

- 1,622 m diatas 0 tide gauge/ - 1,963 m dibawah B.M. Piabung.
- Bervariasi dari 1,39 m (Sept.) sampai 1,79 m (Des.).

- ♦ Tinggi air maksimum 2,7 m (1,08 m diatas DT) pada 22 Desember 1987 dan tinggi air minimum 0,72 m (0,9 m dibawah DT) pada 10 September 1987.

Untuk hasil lengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3.1
Tabel Fluktuasi Air di Perairan Teluk Ratai
selama bulan Juni 1987 - Mei 1988

No.	Bulan	Tinggi Air Rata-rata Bulanan (m)	Tinggi Air Maks. (m)	Tinggi Air Minimum (m)
1	Juni '87	1,671	2,43	0,92
2	Juli '87	1,663	2,4	0,97
3	Agustus '87	1,51	2,27	0,86
4	September '87	1,362	2,21	0,72
5	Oktober '87	1,472	2,29	0,8
6	Nopember '87	1,745	2,5	1
7	Desember '87	1,794	2,7	1,16
8	Januari '88	1,583	2,31	0,78
9	Pebruari '88	1,606	2,29	0,95
10	Maret '88	1,618	2,41	0,93
11	April '88	1,607	2,39	0,95
12	Mei '88	1,787	2,62	1,02

3.1.2. Pasang Surut Musiman

- ♦ Peralatan :
 - Tide Gauge (Maitem dan Utara Kelagian)
 - Tide Pole (Pengeringan Ikan dan Teluk Punduh).
- ♦ Interval : 30 menit.
- ♦ Periode : 29 piantan.
- ♦ Waktu tolok : GMT + 07.00
- ♦ Type Pasut : Campuran yang condong ke harian ganda.
- ♦ Konstanta : Lihat di lampiran.

- ♦ D T : Maitem 122 m diatas 0 palem.
Kelagian 121 m diatas 0 palem.
Pengeringan Ikan 91 m diatas 0 palem.
Teluk Punduh 136 m diatas 0 palem.

- ♦ Air tertinggi dan air terendah.

Selama pengamatan selama 29 piantan diketahui air tertinggi dan air terendah yang tercatat pada masing-masing stasiun adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2
Tabel Tinggi Air Tertinggi dan Terendah
di Stasiun Pasang Surut Musiman
Perairan Teluk Ratai

No.	STASIUN	Air Tertinggi	Air Terendah
1	P. Maitem	180 cm	35 cm
2	P. Kelagian	154 cm	13 cm
3	Pengeringan Ikan	173 cm	32 cm
4	Teluk Punduh	219 cm	72 cm

- ♦ Muka Surutan.

Muka surutan untuk tiap-tiap stasiun di bawah duduk tengah / mean sea level adalah :

P. Maitem	70.5 cm dibawah DT / MSL.
P. Kelagian	67.5 cm dibawah DT / MSL.
Pengeringan Ikan	71.5 cm dibawah DT / MSL.
Teluk Punduh	71.5 cm dibawah DT / MSL.

3.1.3. Pasang Surut di Teluk Lampung.

Secara umum sifat pasang surut di Teluk Ratai mempunyai kesamaan sifat dengan pasang surut di pantai Selatan Sumatra, di perairan selat Sunda dan Sunda Kecil. Sebagai perbandingan dapat dilihat hasil perhitungan dan hasil analisa beberapa stasiun pengamatan pasang surut yang dilakukannya penelitiannya dalam survei-survei Hidro - Oseanografi maupun konstanta-konstanta dari Buku Kepanduan Bahari di perairan Teluk Lampung. Tetapan-tetapan tersebut dapat dilihat pada lampiran.

Kesamaan sifat pasang surut di Teluk Lampung dengan pasang surut di Teluk Ratai meliputi tipe pasut, tunggang air (range of tide), maupun kelambatan waktu dalam gerak pasutnya. Tipe pasut yang campuran dan condong ke harian ganda adalah sesuai dengan kreterianya dimana harga :

$$\frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \quad \text{terletak diantara } 0,25 \text{ dan } 1,50.$$

Kesimpulan kondisi ini didasarkan pada ketentuan Defant (1958) yang menunjukkan penentuan jenis pasang surut berdasarkan konstanta-konstanta K_1 , O_1 , M_2 , dan S_2 . Tipe pasang surut yang terjadi semi diurnal jika komponen semi diurnal $M_2 + S_2$ jauh lebih besar daripada komponen diurnal $K_1 + O_1$, sebaliknya pasang surut diurnal terjadi jika $K_1 + O_1$ lebih besar daripada $M_2 + S_2$. Lebih detailnya Defant menulis sebagaimana yang ditunjukkan pada berikut ini (Komar, 1976) :

$$N_f = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \dots\dots\dots (3.1).$$

dimana :

N_f = bilangan Defant

K_1 & O_1 = komponen diurnal

M_2 & S_2 = komponen semi diurnal

Dimana tipe pasut didefinisikan sebagai berikut :

- | | | |
|---------------------------------|---|----------------------------------|
| $N_f = 0 - 0.25$ | → | Semi diurnal form |
| $N_f = 0.25 - 1.50$ | → | Mixed, predominately semidiurnal |
| $N_f = 1.50 - 3.00$ | → | Mixed, predominately diurnal |
| $N_f = \text{lebih dari } 3.00$ | → | Diurnal form |

3.2. ANALISA DATA ARUS

Hasil penelitian arus oleh Tim Dishidros menunjukkan bahwa keadaan arus di Teluk Ratai adalah sebagai berikut :

- ♦ Arus Umum

kecepatan arus maksimum hanya mencapai 0.33 knots (pada stasiun 4), dengan arah secara umum mengikuti bentuk Teluk Ratai.

- ♦ Arus Pasang Surut

kecepatan arus maksimum mencapai 0.23 knots (pada stasiun 4), dengan arah tidak menentu.

- ♦ Arus Tetap

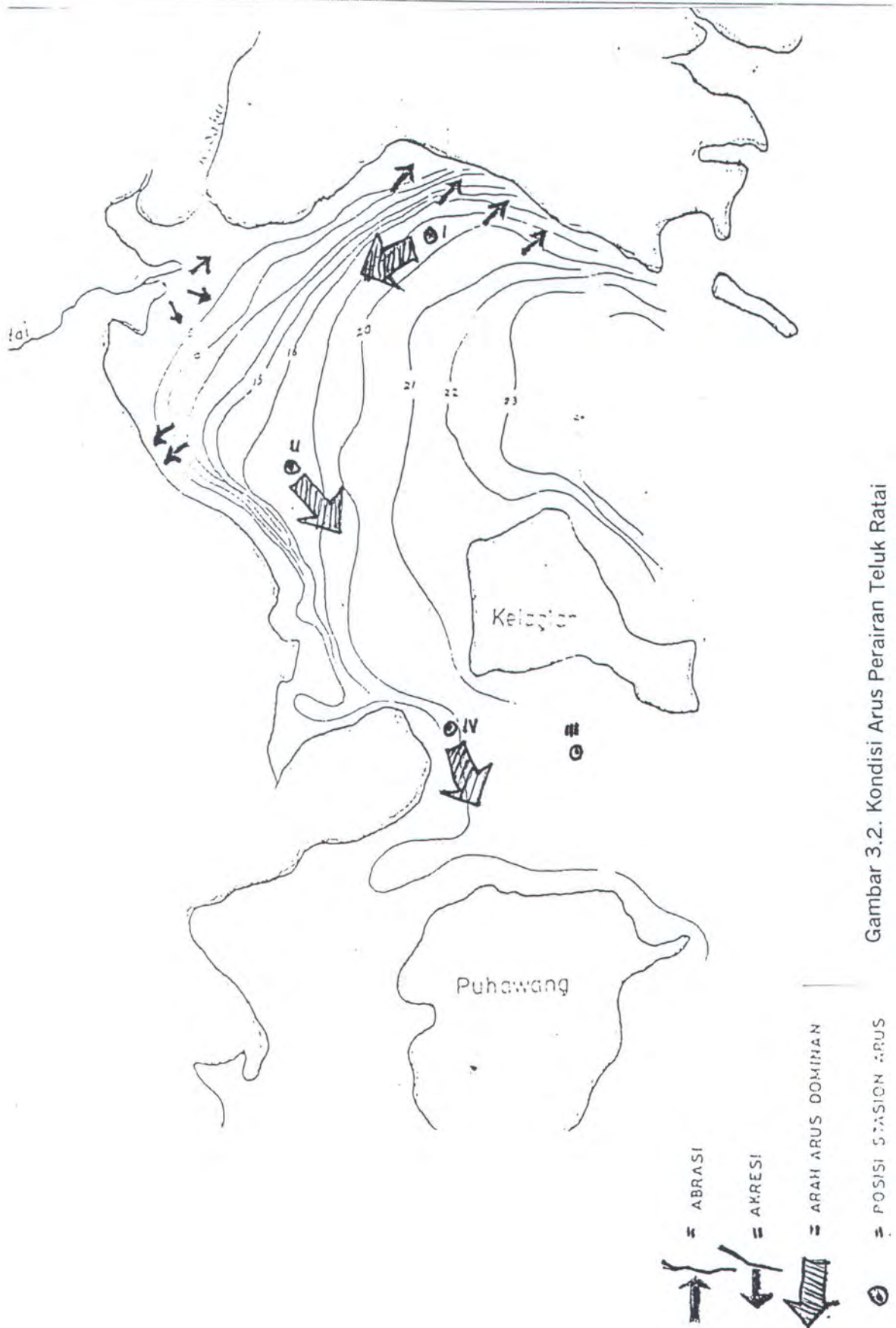
kecepatan arus maksimum hanya mencapai 0.17 knots, dengan arah relatif berkisar searah dengan arah arus umum.

Dengan kecepatan yang relatif lemah tersebut, pengaruh arus terhadap dasar laut dapat dikatakan relatif kecil / diabaikan. Arus hanya berfungsi untuk mendistribusikan suspended load. Arus pasang surut walaupun kecepatan maksimumnya dibawah arus umum tetapi termasuk arus dominan.

Pada daerah pantai akibat adanya gelombang yang membentuk sudut terhadap garis pantai menyebabkan terjadinya arus yang sejajar garis pantai (longshore current). Hal ini berperan penting dalam mendistribusikan sedimen yang terangkut oleh sebagian aliran sungai yang bermuara di Teluk Ratai tersebut ke arah laut. Gerakan "backwash" akan memperbesar gaya dari "longshore current".

Gerakan arus sepanjang pantai disamping mempengaruhi distribusi sedimen, juga akan mengakibatkan Abrasi pada satu bagian pantai dan Akresi pada bagian lain. Laporan penelitian Geologi Tata Lingkungan menunjukkan bahwa terjadi akresi pada daerah sekitar muara Wai Ratai dan Wai Sabu, sedang abrasi terjadi di daerah sekitar Batumenyan-Menangan dan Piabung. Arus terkuat terjadi diantara Pulau Kelagian dan daratan Teluk Ratai (Selat Kelagian), sedang arus yang terjadi disekitar Teluk Ratai adalah sangat lemah. Kondisi arus secara umum dapat dilihat pada gambar 3.2.

Sifat arus secara umum sangat dipengaruhi oleh kondisi pasang surut yang merupakan penyebab arus paling dominan. Arus kuat akan terjadi pada saat-saat pasang purnama, sedang pada saat pasang mati arus yang terjadi sangat lemah bahkan sering terjadi seolah-olah air tidak bergerak berjam-jam lamanya kemudian baru bergerak lamban dengan arah yang tidak menentu. Hal yang demikian ini dapat terjadi 2 sampai 3 hari. Arus surut umumnya lebih kuat dibandingkan dengan arus pasangunya.



Gambar 3.2. Kondisi Arus Perairan Teluk Ratai

Tabel 3.4
Prosentase Arah dan Kecepatan Angin
Bulan Juni 1987 - Mei 1988
di Lokasi P. Maitem, Teluk Ratai

A R A H	KECEPATAN (Knot)						TOTAL
	0	1 s/d 3	4 s/d 6	7 s/d 10	11 s/d 16	17 keatas	
---	18,9						18,9
U t a r a		3,1	2,9	1,5	0,9	0,2	8,6
Timur Laut		2,3	2,3	1,4	0,8	0,3	7
T i m u r		2,4	2,3	1,5	0,9	0,5	7,7
Tenggara		2,6	3,7	2	0,9	0,3	9,6
S e l a t a n		2,3	3,8	3,3	1,8	0,8	12
Barat Daya		3,7	4,1	2,4	1,1	0,5	11,7
B a r a t		6	5,4	3,4	1,6	1	17,4
Barat Laut		3	1,6	1,2	0,8	0,4	7
TOTAL	18,9	25,5	26	16,8	8,8	4	99,9
Prosentase Kejadian Berangin = 81.0							
Prosentase Kejadian tak Berangin = 18.9							
Prosentase Kejadian tak Tercatat = 0.1							
Prosentase Kejadian Total = 100.0							

Tabel 3.3 dan 3.4 diatas menunjukkan data statistik angin jam-jaman total yang dicatat dalam kurun waktu tersebut (total yang dimaksud adalah bahwa data tersebut tidak dipilah-pilah menurut bulan kejadian). Data-data angin beserta wind rosenya yang dibeda-bedakan menurut bulan kejadian disajikan pada lampiran A.

Berdasar pengamatan selama setahun tersebut dapat disimpulkan bahwa angin (arus udara) dominan di Teluk Ratai / perairan Lampung Selatan terdiri atas dua arus udara dominan, yaitu : angin musim Barat serta angin musim Selatan/Tenggara. Angin musim Barat berlangsung

selama bulan Nopember sampai bulan Maret dengan variasi arah angin Barat Daya, Barat, dan Barat Laut. Sedang angin musim Selatan/Tenggara berlangsung dari bulan Juni sampai bulan Oktober dengan variasi arah angin Timur, Tenggara, Selatan, dan Barat Daya. Kecepatan angin musim Barat rata-rata lemah dan kekonstanannya kurang. Kejadian ini disebabkan oleh kondisi topografidi daerah sekitar Teluk Ratai yang terdiri dari pegunungan. Berbeda dengan angin musim Barat, maka angin musim Selatan/Tenggara mempunyai kecepatan rata-rata dan kekonstanan yang lebih besar. Pada bulan-bulan lainnya (selama April, Mei, dan Nopember) bertiup angin dengan arah dan kecepatan yang berubah-ubah. Sehingga musim ini dinamakan periode pancaroba. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada tabel 3.5 di bawah ini yang diamati pada ketinggian 30 m.

Tabel 3.5.
Rekapitulasi Arah dan Kecepatan Angin
di Stasiun Pengamat P. Maitem Teluk Ratai

Bulan	Arah Angin		Kecepatan Angin		Keterangan
	Dominan	Variasi	Maksimum	Frek. 30 %	
Januari	B	BD, B, BL	26	4 - 10	musim Barat
Pebruari	B	T, S, B	24	4 - 16	musim Barat
Maret	B	S, BD, B	30	7 - 16	musim Barat
April	Var	BD, U, TL	30	3 - 6	Pancaroba
Mei	BD	BD, B, BL	22	4 - 10	Pancaroba
Juni	S	T, TG, S	24	7 - 16	Selatan/Tenggara
Juli	S	T, TG, S	22	7 - 16	Selatan/Tenggara
Agustus	TG	TG, S, B	24	7 - 16	Selatan/Tenggara
September	S	TG, S, B	24	4 - 10	Selatan/Tenggara
Oktober	TG	TG, S, B	18	4 - 10	Selatan/Tenggara
Nopember	BD	TG, S, B	20	7 - 16	Pancaroba
Desember	B	B, BL, U	25	4 - 10	musim Barat

3.4. ANALISA GELOMBANG

Data gelombang sangat diperlukan dalam memprediksi transportasi sedimen di suatu perairan sebagaimana yang telah disinggung pada bab sebelumnya, bahwa gelombang adalah merupakan penyebab utama transportasi sedimen. Untuk peramalan gelombang digunakan data gelombang dari hasil pengamatan langsung dilapangan. Selain itu juga menggunakan data gelombang yang diperoleh dari hasil analisa / perhitungan terhadap data angin yang diuraikan pada subbab-subbab berikutnya.



3.4.1. Analisa Gelombang Hasil Pengamatan

Data gelombang hasil pengamatan diperoleh dari alat pencatat gelombang yang dipasang pada beberapa stasiun gelombang. Posisi stasiun gelombang dan peralatan yang digunakan untuk mencatat gelombang telah dijelaskan pada bab 2. Sebagaimana halnya dengan pengamatan angin, pengamatan gelombang juga dilakukan selama setahun, yaitu dari tanggal 1 Juni 1987 sampai dengan 31 Mei 1988 dengan interval waktu 4 jam.

Pengamatan gelombang meliputi :

- ✓ tinggi gelombang,
- ✓ periode gelombang, dan
- ✓ arah gelombang yang dinyatakan dalam 8 penjuru mata angin.

Tabel 3.6 menunjukkan data rekapitulasi gelombang 4 jam-an total selama selang waktu tersebut. Data ini diambil dari stasiun pengamatan gelombang tahunan (lihat bab 2). Sedangkan data gelombang bulanan secara lengkap beserta *wave rose*-nya disajikan pada lampiranB.

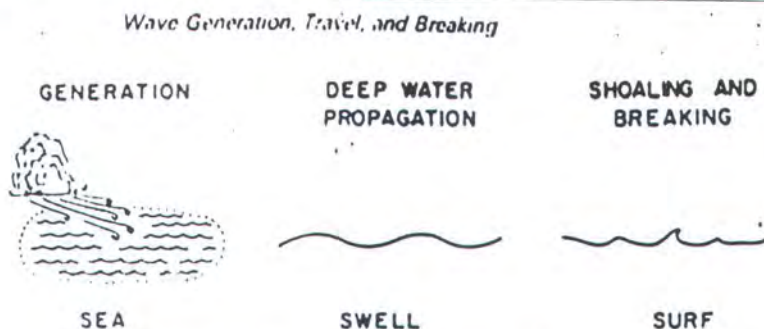
Tabel 3.6
Tabel Rekapitulasi Gelombang Tahunan
Bulan Juni 1987 - Mei 1988.

B U L A N	Arah Gelombang		Tinggi Gelombang maksimum (cm)	Tinggi Gelombang Rata-rata (cm)	Periode Gelombang (detik)
	Dominan	Variasi			
Januari	T	BD, BL, T	50	15 - 25	8 - 9
Pebruari	TG	T, TG, S	40	20 - 30	6 - 7
M a r e t	TG	TG, S, BD	52	15 - 35	8 - 9
A p r i l	BD	BD, U, TL	60	25 - 40	8 - 9
M e i	BD	BD, B, BL	56	25 - 35	10 - 11
J u n i	STG	T, TG, S	90	40 - 65	4 - 7
J u l i	TG	T, TG, S	70	20 - 40	6 - 7
Agustus	TG	T, TG, S	70	20 - 50	6 - 7
September	STG	T, TG, S	90	30 - 50	5 - 7
Oktober	STG	TG, S, BD	73	40 - 50	10 - 11
Nopember	SBD	S, BD, B	80	40 - 65	10 - 11
Desember	BD	B, BL, U	50	15 - 25	6 - 7

3.4.2. Pembangkitan Gelombang Karena Angin

Gelombang yang paling sering terjadi di laut dan cukup penting untuk diperhitungkan pada analisa perubahan pantai adalah gelombang akibat angin. Angin yang berhembus dipermukaan laut memindahkan energinya ke air. Hembusan angin tersebut akan mengganggu permukaan air dan menimbulkan riak gelombang - riak gelombang kecil. Bila kecepatan angin terus bertambah, maka riak gelombang akan bertambah besar, dan jika hembusan angin tetap berlangsung di tempat tersebut maka terbentuklah gelombang.

Daerah tempat gelombang dibentuk disebut *daerah pembentukan gelombang* (*wave generating area*). Gelombang di daerah pembentukan gelombang ini terjadi bersamaan dengan hembusan angin. Bentuk gelombang yang terjadi adalah seperti gunung dengan puncak tajam. Panjang gelombangnya antara 10 sampai dengan 20 kali tinggi gelombang. Bentuk gelombang seperti ini disebut dengan gelombang SEA. Gelombang yang terbentuk di daerah pembentukan ini selanjutnya menjalar keluar dari daerah tersebut. Bentuk gelombang yang telah keluar dari daerah pembentukan ini bentuknya lebih beraturan. Puncak gelombang landai dengan panjang gelombang berkisar antara 30 sampai dengan 500 kali tinggi gelombangnya. Gelombang dengan karakteristik seperti ini dinamakan gelombang SWELL. Ilustrasi dari kedua model gelombang tersebut seperti yang terlihat pada gambar berikut ini.



Gambar 3.3 Bentuk gelombang SEA dan SWELL

Tinggi dan periode gelombang angin yang terbentuk pada suatu perairan tergantung dari beberapa faktor, yaitu :

- ♦ kecepatan angin yang berhembus, U ,
- ♦ lama angin berhembus / duration time , t , dan
- ♦ jarak perairan yang dikuasai angin / panjang fetch, F .

Panjang fetch membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk berada dibawah pengaruh angin. Jika fetch pendek, maka energi yang ditransfer ke air belum cukup besar sehingga gelombang yang terjadi belum cukup tinggi. Gelombang dengan periode lama akan terjadi jika fetchnya cukup panjang.

Metode peramalan gelombang yang digunakan disini adalah metode yang disampaikan dalam "*Shore Protection Manual*" (Coastal Engineering Research Center, US Army Corp. of Engineer, 1984). Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya menggunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 m dari permukaan. Bila kecepatan angin tidak diukur pada ketinggian tersebut maka kecepatan angin perlu dikoreksi dengan formula sebagai berikut :

$$U_{10} = U_z \left[\frac{10}{z} \right]^{\frac{1}{7}} \quad \text{untuk } z < 20 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (3.1).$$

Karena data pengamatan angin telah sesuai pada ketinggian 10 meter, maka data kecepatan angin terukur tidak perlu dikoreksi lagi sehingga formula diatas tidak dipergunakan. Namun demikian karena pengukuran kecepatan angin dilakukan didarat, maka diperlukan *Stability Correction* terhadap data hasil pengukuran tersebut. Koreksi stabilitas ini berkaitan dengan :

- ♦ perbedaan temperatur udara dan air karena kondisi temperatur yang berlainan antara tempat pengamatan (di darat) dengan lokasi yang ditinjau (di laut), dan

- ♦ pengaruh lokasi pengamatan yang berbeda kondisi lingkungannya (daratan) dengan kondisi lokasi yang ditinjau (laut).

Setelah dilakukan penambahan *stability correction*, maka rumus 3.1 berubah menjadi sebagai berikut :

$$U = R_T \cdot R_L (U_{10})_L (3.2).$$

dimana :

R_T = rasio amplifikasi karena perbedaan temperatur udara dan air (lihat gambar 3.6). Bila tidak ada informasi temperatur udara dan air, maka harga $R_T = 1.1$ memadai untuk digunakan.

R_L = koreksi terhadap pengaruh lokasi yang berbeda antara darat dan laut (lihat gambar 3.7). Bila alat pencatat kecepatan angin (anemometer) diletakkan dekat dengan pantai, maka efek lingkungan ini ditiadakan ($R_L = 1$).

$(U_{10})_L$ =kecepatan angin pada ketinggian 10 meter pada pengukuran di atas tanah.

Pemakaian rumus dan grafik pada *Shore Protection Manual / SPM* (CERC,1984) dalam peramalan gelombang disyaratkan untuk mengubah kecepatan angin tersebut pada *wind stress factor*, U_A . Harga U_A dapat dihitung dengan menggunakan rumus 3.3 berikut ini :

$$U_A = 0.71 \cdot U^{1.23} (3.3).$$

dimana :

U = kecepatan angin (m/detik).

U_A = wind stress factor (m/detik).

Harga tinggi gelombang significant, H_s , periode gelombang significant, T_s , serta lama angin berhembus / duration time, t , didapatkan diperoleh dengan memasukkan harga wind stress factor, U_A , dan harga fetch efektif, $F_{eff.}$, pada grafik SPM (lihat gambar 3.8). Harga H_s , T_s , dan t tersebut dapat juga diperoleh dengan memasukkan nilai-nilai U_A dan $F_{eff.}$ kedalam formulasi persamaan forecasting gelombang laut. Persamaan ini merupakan formulasi pendekatan dari grafik SPM, yang rumusannya adalah seperti yang ditulis dibawah ini :

$$H_S = 5.112 \times 10^{-4} U_A . F^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (3.4a).$$

$$T_S = 6.23 \times 10^{-2} [U_A . F]^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (3.4b).$$

$$t = 3.215 \times 10 \left[\frac{F^2}{U_A} \right]^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (3.4c).$$

Dalam peramalan gelombang angin, perlu dipertimbangkan keadaan daerah disekitar lokasi pembangkitan gelombang yang biasanya dibatasi oleh daratan disekelilingnya. Fetch dapat didefinisikan sebagai panjang daerah pembangkitan gelombang pada arah datangnya angin. Apabila bentuk daerah pembangkitan gelombang tidak teratur, maka untuk keperluan ketepatan peramalan gelombang harus ditentukan besarnya fetch efektif yang diformulasikan sebagai berikut (*Nur Yuwono, 1986*) :

$$F_{eff.} = \frac{\sum X_i \cdot \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \dots\dots\dots (3.5).$$

dimana :

$F_{eff.}$ = fetch efektif.

X_i = panjang garis fetch.

α_i = sudut antara jalur fetch yang ditinjau dengan arah angin utama.

Gambar 3.9 menunjukkan penarikan garis-garis fetch untuk peramalan gelombang di perairan Teluk Ratai. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa perairan Teluk Ratai yang menghadap kelaut hanya dalam tiga dari delapan penjuru mata angin, yaitu dari arah Timur, Tenggara, dan Selatan.

Panjang fetch efektif dapat ditentukan dengan prosedur sebagai berikut :

- ✓ membuat garis-garis fetch dengan interval sudut 5° ke kiri dan atau ke kanan arah angin (mata angin) utama. Selanjutnya arah angin (mata angin) disebut sebagai arah garis fetch utama.
- ✓ tiap-tiap penjuru arah mata angin mempunyai daerah pengaruh selebar 20° ke arah kiri dan atau kanannya.
- ✓ panjang fetch (X_i) adalah diukur sampai ujung daratan diseberang lokasi Teluk Ratai.
- ✓ masing-masing garis fetch dalam daerah pengaruh suatu penjuru angin (fetch utama) diproyeksikan kearah garis fetch utama.

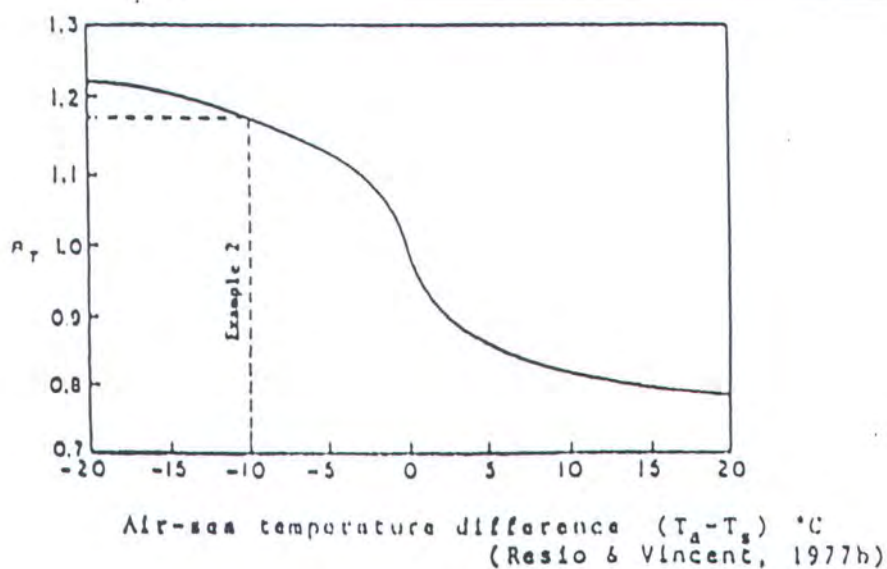
- ✓ panjang garis fetch efektif diperoleh dengan membagi jumlah panjang proyeksi garis-garis fetch dengan jumlah cosinus sudutnya.

Perhitungan fetch disajikan dalam bentuk tabel (tabel 3.7).
Asumsi-asumsi yang digunakan dalam peramalan gelombang angin adalah sebagai berikut :

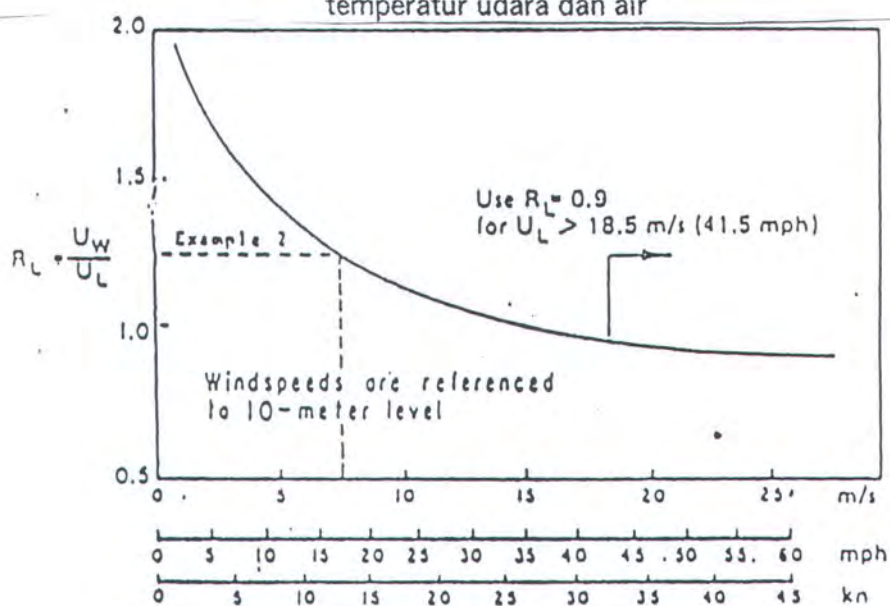
1. Data angin yang digunakan adalah data pada ketinggian 10 m diatas tanah. Karena tidak adanya informasi perbedaan temperatur udara dan air, maka R_T dianggap sama dengan 1,1. Sedangkan harga $R_L = 1$, karena lokasi peralatan pencatat angin terletak dekat dengan pantai.
2. Data angin diperoleh dari stasiun pengamat angin didaratan dekat lokasi Teluk Ratai (P. Maitem). SPM memang memberikan petunjuk bolehnya mengkonbversikan angin darat menjadi angin laut. Petunjuk dari SPM digunakan dalam peramalan gelombang angin di lokasi Teluk Ratai ini, walaupun rekomendasi SPM tersebut berdasarkan studi terbatas di Great Leaks, USA yang belum tentu berlaku untuk wilayah yang berbeda.
3. Angin yang bertiup dari arah darat ke perairan Teluk Ratai dianggap tidak menimbulkan gelombang / diabaikan.
4. Dalam pemakaian grafik dan rumus pendekatan peramalan tinggi gelombang significant dan periode gelombang significant yang diberikan SPM, menggunakan fetch efektif, karena

kondisi daerah pembangkit gelombang di perairan Teluk Ratai tidak teratur.

Hasil perhitungan gelombang disajikan dalam bentuk tabel prosentase kejadian tinggi gelombang dan arahnya.



Gambar 3.4 Koeffisien Koreksi terhadap perbedaan temperatur udara dan air



Gambar 3.5 Koeffisien Koreksi terhadap pengaruh pencatatan kecepatan angin di darat.

Tabel 3.7
Tabel Perhitungan Fetch Efektif
di Perairan Teluk Ratai

Arah	α	$\text{Cos } \alpha$	X_i	$X_i \cdot \text{Cos } \alpha$	$F_{\text{eff.}} \text{ (sat.)}$	$F_{\text{eff.}} \text{ (km)}$
Timur	0	1,000	0,80	0,800		
	5	0,996	5,60	5,579		
	10	0,984	6,40	6,303		
	15	0,965	8,70	8,404		
	20	0,939	11,20	10,525		
Total		4,887		31,610	6,469	32,343
	20	0,939	11,50	10,806		
	15	0,965	16,20	15,648		
	10	0,984	23,40	23,045		
	5	0,996	10,90	10,859		
Tenggara	0	1,000	1,20	1,200		
	5	0,996	1,25	1,245		
	10	0,984	1,40	1,379		
	15	0,965	6,90	6,665		
	20	0,939	3,50	3,289		
Total		8,773		74,135	8,450	42,251
	20	0,939	3,90	3,665		
	15	0,965	3,30	3,188		
	10	0,984	1,45	1,428		
	5	0,996	0,80	0,797		
Selatan	0	1,000	0,70	0,700		
Total		4,887		9,777	2,001	10,004

Setelah dilakukan perhitungan dengan memasukkan harga parameter - parameter yang bersesuaian maka didapatkan harga tinggi gelombang, Hs, seperti yang terlihat dibawah ini :

Tabel 3.8
Tabel perhitungan tinggi Gelombang Significant, Hs

U ₁₀	2	5	8,5	13,5	17	knot
	1,028	2,570	4,369	6,939	8,738	m/detik
U	1,131	2,827	4,806	7,633	9,612	m/detik
U _A	0,826	2,549	4,896	8,649	11,484	m/detik
Hs	0,076	0,234	0,450	0,795	1,056	m Timur
	0,087	0,268	0,514	0,909	1,207	m Tenggara
	0,042	0,130	0,250	0,442	0,587	m Selatan

Besarnya frekwensi / prosentase untuk masing-masing tinggi gelombang bersesuaian dengan frekwensi / prosentase rekapitulasi arah dan kecepatan angin pada tabel 3.4.

Hasil perhitungan analisa gelombang yang dilakukan oleh konsorsium APARC - DWI DELTA (BPPT, 1996) diperoleh beberapa tinggi gelombang maksimum untuk beberapa periode ulang. Selengkapnya seperti yang disajikan pada tabel 3.9 berikut ini :

Tabel 3.9
Tinggi dan Periode Gelombang untuk Beberapa Periode Ulang

PERIODE ULANG (tahun)	H_{MAX} (cm)	PERIODE (detik)
25	174	7
50	192	7
75	202	8
100	210	8

Setelah dilakukan ekstrapolasi terhadap data tinggi gelombang hasil perhitungan diatas, dengan bantuan kertas grafik distribusi Gumbell (BPPT, 1996) diperoleh data tinggi dan periode gelombang untuk periode 2, 5, dan 10 tahunan, yaitu :

Tabel 3.10
Tinggi dan Periode Gelombang
untuk Periode Ulang 2, 5, dan 10 Tahunan

PERIODE ULANG (tahun)	H_{SIGN} (cm)	PERIODE (detik)
2	100	5
5	130	6
10	150	7

Analisa terhadap data pencatatan gelombang pada bulan Juni 1987 sampai dengan mei 1988 diperoleh hubungan $H_s = 0.75875 H_{MAX}$.

3.4.3. Analisa Tinggi Gelombang pada Model Pelabuhan Teluk Ratai

Pada subbab ini akan dilakukan analisa terhadap tinggi gelombang di lokasi Pelabuhan Teluk Ratai. Data-data disini diambil langsung dari hasil-hasil pengujian Penetrasi Gelombang pada model Pelabuhan Teluk Ratai yang terdapat pada laporan akhir Tes Model Kolam Labuh Lantamal TNI - AL Teluk Ratai. Sebelum melakukan analisa yang lebih mendetail, perlu untuk diketahui beberapa hal mengenai model Pelabuhan Teluk Ratai beserta skala-skala model yang dipakai.

3.4.3.1 Umum

Penelitian model skala 3 (tiga) Dimensi Kolam Labuh dilaksanakan dengan melakukan simulasi gelombang Swell (teratur), gelombang acak dua dimensi (2 D), untuk menyelidiki intrusi dan resonansi gelombang. Uji penetrasi gelombang ini bertujuan untuk mengetahui tinggi gelombang yang terjadi di kolam pelabuhan, dan sekitar gerbang pelabuhan (harbor entrance) dari beberapa alternatif yang dirancang.

Penelitian model skala penetrasi dan resonansi gelombang di kolam labuh dengan gelombang Swell dilakukan di Laboratorium Pengkajian Teknik Pantai BPP Teknologi Yogyakarta, sedang untuk

gelombang tidak teratur (acak / random irregular) dilakukan di Laboratorium Hidrodinamika Indonesia BPP Teknologi Surabaya. Hasil uji penetrasi gelombang adalah gambar kontur pola penetrasi gelombang berupa garis-garis prosentase tinggi gelombang yang terjadi pada suatu titik tertentu terhadap tinggi gelombang datang.

3.4.3.2 Skala Parameter Model

Skala parameter model yang digunakan untuk penelitian penetrasi gelombang di kolam gelombang LPTP (Laboratorium Pengkajian Teknik Pantai) BPP Teknologi yogyakarta dan LHI (Laboratorium Hidrodinamika Indonesia) BPP Teknologi Surabaya disajikan pada tabel 3.11.

Tabel 3.11
Skala Parameter Model di Kolam Gelombang

ITEM	SIMBOL	SKALA MODEL
Panjang spesifik	nL	60
Kedalaman air	nd	60
Diameter butir	nD	60
Tinggi Gelombang	nH	60
Percepatan	$na = ng$	1
Kecepatan	$nv = \sqrt{nL}$	$\sqrt{60} = 7.746$
Waktu	$nt = nv = \sqrt{nL}$	$\sqrt{60} = 7.746$
Periode gelombang	$nT = nv = \sqrt{nL}$	$\sqrt{60} = 7.746$
Massa, berat ($C\gamma = 1$)	$nm = nw = C\gamma.nL^3$	$60^3 = 216000$

Dengan menggunakan skala parameter model di kolam gelombang seperti yang terlihat pada tabel 3.11 tersebut maka dapat ditentukan

besarnya parameter model gelombang di laboratorium seperti yang terlihat pada tabel 3.12.

Tabel 3.12
Nilai Parameter Model Gelombang

PARAMETER	PROTOTYPE	MODEL
Tinggi Gelombang	1.20 meter	2.00 cm
Periode Gelombang 1	5 detik	0.645 detik
Periode Gelombang 2	6 detik	0.775 detik

Adapun bentuk-bentuk dari model yang diamati pada tulisan ini dapat dilihat pada bab 5.

3.4.3.3. Hasil Uji Penetrasi Gelombang

Hasil uji penetrasi gelombang didapatkan dari pengukuran tinggi gelombang pada titik-titik yang diamati. Jarak antar titik kearah melintang dan memanjang adalah sama, yaitu 1 m (mewakili 60 m). Alat pencatat tinggi gelombang adalah model GHM, dirancang untuk mengukur fluktuasi muka air yang kemudian diterjemahkan dalam bentuk fluktuasi voltage. Kemudian sinyal-sinyal voltage dari pre amplifier ini diperkuat oleh main amplifier untuk dicatat alat pencatat (recorder).

Hasil yang didapat dari pencatat berupa tabel tinggi gelombang rata - rata (satuan volt) diubah kembali dalam tinggi gelombang dengan satuan centimeter dan tabel prosentase terhadap gelombang datang, % H_0 . Perlu dicatat disini, bahwa pengujian ini dilakukan pada kondisi karakteristik gelombang yang tertentu (lihat tabel 3.12). Tabel 3.13 sampai 3.16 adalah tinggi gelombang pada tiap titik untuk $H_0 = 1.30$ meter.

Tabel 3.13
Tinggi Gelombang untuk Model Tanpa Break Water

Tinggi Gelombang Rata-rata																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
N																						
M																						
L																						
K																						
J																						
I																						
H				2,7797	1,4099	1,2904	2,1843	1,3502	1,6875	1,1716	2,1843	1,5883	1,6875	2,5814	2,5814	2,0847	0,8736	1,6875	2,2835	0,9931	0,9931	
G	0,8736	1,7872	3,0377	1,5287	2,4423	1,8863	0,8736	1,8863	1,0921	1,2904	1,0325	1,8863	1,3502	2,0847	1,5883	2,3826	1,0725	1,3901	1,5883	1,6875	0,7147	
F	0,8538	1,1119	2,3826	2,4423	0,7548	2,2835	0,5559	1,5883	1,3901	1,8863	0,3576	2,5814	0,953	2,5814	2,4423	1,2312	2,8789	1,251	0,7942	2,7797	0,7548	
E				3,5738	0,9728	2,1843	1,9855	1,3502	1,6481	1,4893	1,2904	1,6875	2,7797	1,5883	0,7942	1,9855	2,7797	1,5883	1,6875	1,7872	1,2708	
D				0,2055	1,398	1,3237	1,0279	0,9458	1,0279	0,9868	0,9666	1,1513	1,7479	0,5554	0,4523	0,9868	0,7401	0,9868	0,4112	1,4391	0,7813	0,7401
C			0,1853	0,5346	2,4259	0,5346	0,3289	1,6036	1,0279	1,0279	0,4523	1,1513	0,8635	0,9868	0,8224	0,8224	0,8635	0,9666	0	1,1513	1,3367	0,9868
B		0,1853	0,2265	0,4523	2,5701	1,5422	1,0899		0,5964	0,4112	0,5756		1,0691		0,699	0,4523	0,5756	1,131	1,5422	1,7479	0,8224	0,8635
A		0,3086								0,2265	0,6167		1,9534			0,6579	0,4934	1,5422				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Tabel 3.14

Tinggi Gelombang untuk Model Dengan Break Water

Tinggi Gelombang Rata-rata																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
N	0,8961	1,229	1,3571	1,2802	1,1266	0,9218	0,9218	1,0242	0,8961	1,1266	1,1266	1,3059										
M	1,2802	1,0754	1,2034	0,8577	1,3827	0,8449	1,5106	0,9218	1,4339	1,3315	1,1266	1,0498										
L	1,3315	1,3315	1,229	0,973	1,1266	0,7937	0,9218	0,973	1,1266	1,0242	1,3315	0,973										
K	1,1522	1,1266	1,229	1,2802	1,0882	1,3827	1,1778	1,229	1,1266	1,5362	0,973	0,973										
J	1,1778	1,3315	1,0242	0,7425	1,4083	1,3315	1,0242	0,6657	0,9218	0,9678	0,9218	1,1266										
I					0,6607	0,4719	0,5191	0,5073														
H				0,2477	0,5427	1,1797	1,0323	1,0913	0,3657	0,3067	0,2595	0,2595	0,1534	0,2595	0,2006	0,2006	0,0914	0,1298	0,236	0,118	0,2595	
G	0,1121	0,2183	0,2419	0,3067	0,4365	1,2092	1,1503	1,0028	0,7786	0,1888	0,3303	0,118	0,1534	0,2183	0,2477	0,2065	0,2419	0,236	0,236	0,1652	0,0189	
F	0,23	0,1652	0,1239	0,4129	0,4955	0,9143	1,3567	1,1974	0,4129	0,4719	0,118	0,1298	0,0826	0,1888	0,2124	0,1652	0,1652	0,1534	0,0826	0,059	0,0885	
E				0,1298	0,4247	0,7963	1,1797	1,1208	0,6135	0,3775	0,4247	0,1298	0,1652	0,1003	0,0973	0,0885	0,2241	0,139	0,0708	0,2124	0,1593	
D				0,2595	0,2595	0,5899	0,9143	1,0913	0,8494	0,6135	0,3539	0,3775	0,2006	0,2124	0,0885	0,0189	0,0649	0,0413	0,1888	0,0708	0,1003	0,1534
C			0,1475	0,177	0,4955	0,5427	0,6843	1,2458	0,8258	0,3303	0,4719	0,3539	0,2124	0,2477	0,2595	0,1239	0,0531	0,0236	0,1032	0,0413	0,1357	0,0649
B		0,1652	0,1416	0,0531	0,5545	0,3657	0,4483		0,8966	0,7079	0,3067		0,6843		0,2241	0,1239	0,2006	0,0649	0,059	0,1062		0,0448
A		0,1888					0,6607		0,7314	0,5545	0,4011		0,3185			0,1239		0,177				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Tabel 3.15

Tinggi Gelombang untuk Model Dengan Detached Break Water

Tinggi Gelombang Rata-rata																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
N	1,1408	1,1951						1,1951	1,2494	1,4395	1,521	1,2494										
M	1,5753	1,7384	0,679	0,3938	0,1833	0,2444	0,5975	0,9235	1,2766	1,3852	1,0864	1,0864										
L	1,3581	1,4938	0,7198	0,6247	0,3396	0,5975	0,679	0,4889	0,9777	1,1679	1,7384	1,4123										
K	1,3038	1,521	1,0864	0,5161	0,2648	0,5975	0,3531	0,4618	0,8964	1,3581	1,2223	1,2494										
J	1,1679	1,684	0,5975	0,455	0,2444	0,3124	0,6518	0,7062	0,8555	1,2766	1,7112	1,2494										
I					0,2309	0,3067	0,4346	0,584														
H				0,0761	0,4228	0,2748	0,627	0,62	0,1972	0,2642	0,155	0,1902	0,162	0,1515	0,069	0,0859	0,069	0,0387	0,0394	0,0789	0,0944	
G	0,0394	0,0874	0,9807	0,2219	0,1972	0,4791	0,4086	0,4791	0,465	0,1762	0,2184	0,1127	0,1585	0,0394	0,0845	0,0493	0,0662	0,0324	0,0832	0,0338	0,0676	
F	0,0394	0,0437	0,1951	0,3453	0,1797	0,4932	0,4368	0,1691	0,458	0,1902	0,0845	0,1197	0,1197	0,1001	0,0367	0,0451	0,0761	0,0634	0,0499	0,0564	0,0859	
E				0,1972	0,1902	0,3029	0,2818	0,4228	0,4368	0,2959	0,1691	0,1832	0,0733	0,0296	0,0649	0,0493	0,0676	0,048	0,048	0,0789	0,0507	0,0649
D				0,1691	0,0987	0,4228	0,2466	0,4932	0,1902	0,4086	0,3241	0,0845	0,0958	0,0902	0,0198	0,0507	0,0282	0,0789	0,0649	0,0169	0,093	0,0198
C			0,1092	0,1797	0,162	0,2324	0,1832	0,3805	0,162	0,1762	0,4086	0,0789	0,1797	0,0676	0,1028	0,0451	0,0134	0,0225	0,0705	0,048	0,0204	0,0332
B		0,0761	0,0676	0,088	0,0662	0,4228	0,2783			0,1269	0,3453		0,0761		0,0733	0,0536	0,0521	0,0367	0,0507	0,093	0,0406	0,0346
A		0,0845					0,0874			0,055	0,0789		0,3029			0,0917	0,048	0,0634				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Tbel 3.16

Tinggi Gelombang untuk Model Dengan Onshore Break Water

Tinggi Gelombang Rata-rata																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
N	1,2973	1,3537	1,2126	1,0152	1,4101	1,2267			1,128	1,4101	1,1844	1,5228										
M	1,4946	1,3255	1,0716	1,2973	1,2409				1,0716	1,3537	1,3537	1,4664										
L	1,2691	1,2409	1,2409	1,0716			0,2256	0,6768	1,0434	1,3819	1,2973	1,5228										
K	1,1844	1,2126	1,4382			0,1339	0,2397	0,5359	0,691	1,2409	1,2691	1,4946										
J	1,2691	1,3537	157,92			0,2609	0,2256	1,4101	0,7332	0,9871	1,2409	1,4101										
I					0,0789	0,2679	0,4512	0,6204														
H				0,085	0,124	0,1843	0,3262	0,3297	0,2907	0,1121	0,0979	0,0993	0,0653	0,0156	0,0567	0,0723	0,0376	0,0468	0,0879	0,0709	0,078	
G	0,0269	0,017	0,0411	0,0766	0,1383	0,0794	0,4325	0,3687	0,1985	0,0979	0,039	0,1312	0,0681	0,0228	0,0425	0,0269	0,0468	0,0369	0,1021	0,0425	0,0269	
F	0,0072	0,0341	0,0993	0,1418	0,0907	0,2127	0,397	0,2198	0,1843	0,0384	0,1702	0,1063	0,1361	0,085	0,0567	0,0922	0,0156	0,0213	0,0355	0,039	0,0283	
E				0,124	0,0624	0,2233	0,4963	0,2305	0,0653	0,0497	0,0433	0,0298	0,0497	0,0879	0,0993	0,0454	0,061	0,0497	0,0425	0,0497	0,0553	0,0425
D				0,0283	0,1277	0,2057	0,3545	0,1915	0,1702	0,0425	0,0306	0,0965	0,085	0,0737	0,0766	0,1162	0,0567	0,0283	0,0497	0,0497	0,0298	0,0306
C			0,0468	0,0879	0,1843	0,1985	0,3262	0,1418	0,156	0,1347	0,0283	0,1595	0,0298	0,0766	0,0603	0,0269	0,0595	0,0113	0,0341	0,0113	0,0156	0,0581
B		0,0277	0,0567	0,156	0,2092	0,156	0,2765			0,1418	0,0667		0,1135		0,0283	0,0589	0,0624	0,0213	0,1106	0,0369	0,0333	0,0014
A		0,0497					0,2694			0,0525	0,1135		0,1702			0,017	0,0567	0,0681				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Nilai tinggi gelombang pada tabel-tabel diatas didapatkan dari pengalihan tinggi gelombang datang yang digunakan pada tulisan ini ($H_0 = 1.30$ meter) dengan tabel prosentase terhadap tinggi gelombang datang, % H_0 . Sedangkan tabel prosentase tinggi gelombang datang beserta pola kontur penetrasi gelombang disajikan pada lampiran E.

3.5 ANALISA CONTOH DASAR LAUT

Analisa contoh dasar laut diperlukan untuk mengetahui keadaan material dasar laut (bed load). Sebagaimana yang telah dipaparkan di bab 2, pengambilan contoh dasar laut telah dilakukan pada 14 tempat di sepanjang perairan Teluk Ratai dan sekitarnya. Berkaitan dengan studi sedimentasi ini, maka ukuran (diameter, ϕ) butiran dasar laut adalah sangat penting untuk diketahui.

Penentuan ukuran butir dasar laut dilakukan dengan cara mekanis, yaitu dengan metode pengayakan. Metode pengklafisian ini telah mengikuti standarisasi USA yang dimulai dengan ukuran butir terkecil 0.002 mm. Hasil pengayakan untuk tiap-tiap contoh dasar laut pada masing-masing stasiun ditunjukkan pada lampiran C, baik untuk musim Barat maupun saat musim Timur.

Sebagaimana diketahui littoral transport disebabkan interaksi antara angin, gelombang, arus, pasang surut, sedimen, dan fenomena - fenomena lainnya didaerah littoral. Sedimen dalam hal ini memegang peranan paling penting, karena fenomena-fenomena lain tidak akan berarti

tanpa adanya sedimen ini. Ukuran butiran sedimen biasanya diklasifikasikan dalam 'lebar ukuran' (size range) tertentu. Banyak yang mengusulkan untuk mengklasifikasikan partikel sedimen ini. Salah satu diantaranya adalah dikenal sebagai 'skala Wenworth' yang mengklasifikasikan partikel sedimen seperti yang terlihat pada tabel 3.17.

Tabel 3.17

Klasifikasi Ukuran Partikel Sedimen Menurut Wenworth

NAMA KELAS	DIAMETER PARTIKEL (mm)
BOULDER	
very large	40960 - 2048
large	2048 - 1024
medium	1024 - 512
small	512 - 256
COBBLES	
large	256 - 128
small	128 - 64
GRAVEL	
very coarse	64 - 32
coarse	32 - 16
medium	16 - 8
fine	8 - 4
very fine	4 - 2
SAND	
very coarse	2 - 1
coarse	1 - 0.5
medium	0.5 - 0.25
fine	0.25 - 0.125
very fine	0.125 - 0.062
SILT	
coarse	0.062 - 0.031
medium	0.031 - 0.016
fine	0.016 - 0.008
very fine	0.008 - 0.004

CLAY	
coarse	0.004 - 0.002
medium	0.002 - 0.001
fine	0.001 - 0.0005
very fine	0.0005 - 0.00024

Definisi yang mungkin untuk mengatakan diameter, ϕ , adalah sebagai berikut :

- diameter ayakan,
- diameter 'bola' yang mempunyai volume yang sama, dan
- diameter 'bola' yang memiliki densitas, ρ , dan kecepatan jatuh / fall velocity yang sama.

Dalam banyak literatur diameter partikel sedimen didefinisikan dalam bentuk phi unit (Φ) :

$$\text{Phi unit } (\Phi) = -\log_2 (\phi \text{ in mm}) \dots\dots\dots (3.6).$$

Dari hasil analisa ukuran butir pada pengambilan sampel di musim Barat, terlihat bahwa umumnya partikel lolos pada saringan ukuran 0.5 mm, dengan ukuran butirnya berkisar antara 0.25 mm (pasir halus) sampai 0.002 (lempung atau clay). Sedangkan pada musim Timur terlihat partikel-partikel yang lebih besar ukurannya, yaitu pasir kasar dan kerikil halus.

Setelah dilakukan analisa pada contoh material dasar laut, maka diketahui untuk kondisi perairan Teluk Ratai mempunyai jenis material dasar laut yang berbeda-beda di beberapa tempat. Untuk perairan di sebelah barat seperti ditulis pada bab pendahuluan, besarnya D_{50} sama dengan 0.1 milimeter (stasiun 7). Sedang pada perairan di sebelah timur /

tenggara dari rencana Pelabuhan Teluk Ratai mempunyai kondisi yang sedikit berbeda, yaitu $D_{50} = 0.025$ mm, $D_{90} = 0.2$ mm, $D_{10} = 0.0075$ mm, dengan kecepatan jatuh partikel sedimen rata-rata, $w = 0.0257$ cm/detik (untuk stasiun 4 dan 5). Kondisi lengkapnya data diameter, ϕ , dan kecepatan jatuh, w , beserta *Mechanical Analysis Grain Size Accumulation Curve* empat belas stasiun pengambilan contoh material dasar laut dapat dilihat pada lampiran C. Sedangkan posisi keempat belas stasiun pengambilan contoh material dasar laut dapat dilihat pada bab 2.

3.6 REFRAKSI / DIFRAKSI GELOMBANG

Gelombang akan mengalami perubahan bentuk ketika merambat dari perairan dalam ke perairan dangkal. Perubahan itu bisa meliputi perubahan tinggi gelombang, arah gelombang, dan sebagainya. Arah gelombang akan berubah dikarenakan perubahan kedalaman dasar laut, karena variasi kedalaman dasar laut sangat mempengaruhi kecepatan rambat gelombang. Peristiwa perubahan arah perambatan dan tinggi gelombang tersebut dinamakan *refraksi*. Bila selama perambatannya gelombang tersebut terhalangi oleh suatu bangunan laut tertentu (mis. : Break water) maka akan terjadi penyebaran energi gelombang ke arah samping dari arah perambatan gelombang semula. Peristiwa ini dinamakan dengan *difraksi gelombang*. Analisa difraksi, refraksi, dan effect shoaling akan diuraikan pada uraian lebih lanjut.

3.6.1. Efek Pendangkalan (Shoaling Effect)

Apabila sebuah gelombang bergerak dari laut dalam (deep water) ke laut dangkal (shallow water), maka gelombang tersebut akan mengalami gesekan dengan tanah dasar laut. Pengaruh gesekan ini mengakibatkan terjadinya perubahan tinggi gelombang maupun panjang gelombangnya. Pada suatu kondisi tertentu, yakni apabila kontur dasar laut sejajar dengan garis pantai, maka terjadilah efek pendangkalan murni. Pada kondisi lainnya saat garis kontur dasar laut berkelok-kelok maka selain terjadi efek pendangkalan juga akan terjadilah refraksi gelombang.

Adanya pendangkalan akan mengakibatkan perubahan tinggi gelombang dan panjang gelombang. Perubahan tersebut dapat dianalisa dengan menganggap energi konstan, kehilangan energi diabaikan. Untuk kondisi laut dalam maka energi fluk per unit lebar crest dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini :

$$P_0 = \frac{1}{2} E_0 C_0 \dots\dots\dots (3.6)$$

Sedangkan pada zone laut dangkal energi fluknya dapat dinyatakan seperti pada persamaan 3.6a.

$$P = E C g = n E C \dots\dots\dots (3.6a).$$

Jika energi konstan maka $P = P_0$ sehingga :

$$\frac{1}{2} E_0 C_0 = n E C \dots\dots\dots (3.6b).$$

dimana :

$$E_0 = \frac{g H_o^2}{8}$$

$$E = \frac{g H^2}{8}$$

maka :

$$\frac{1}{2} \left(\frac{C_o g H_o^2}{8} \right) = \left(\frac{n C_g H^2}{8} \right)$$

$$\left(\frac{H}{H_o} \right)^2 = \frac{1}{2 n} \frac{C_o}{C}$$

sehingga :

$$\frac{H}{H_o} = \sqrt{\frac{C_o}{2 n C}} \dots\dots\dots (3.7).$$

dimana :

$$n = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sin\left(\frac{4\pi d}{L}\right)} \right]$$

$$\frac{C}{C_o} = \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$$

Maka harga koefisien shoaling dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.7a berikut ini :

$$K_{Sh} = \sqrt{\frac{1}{\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \left\{ 1 + \frac{4\pi d / L}{\sin(4\pi d / L)} \right\}}} \dots (3.7a).$$

Keterangan ;

$H / H_o = K_{sh.}$ = Koefisien Shoaling

d = Kedalaman air

L = Panjang gelombang

H = Tinggi gelombang di titik yang ditinjau.

H_o = Tinggi gelombang di laut dalam.

C = Kecepatan partikel gelombang

3.6.2. Refraksi Gelombang

Selama perambatannya dari laut dalam ke pantai, gelombang mengalami perubahan karakteristik yang diakibatkan oleh perubahan kedalaman air. Perubahan ini dinamakan dengan refraksi.

Studi refraksi gelombang dilakukan secara analitis dengan mengasumsikan bahwa kontur dasar laut yang dilintasi oleh setiap garis ortogonal gelombang untuk berbagai arah gelombang adalah sejajar. Studi refraksi berdasarkan pada persamaan berikut ini :

$$\sin \varphi_1 = \frac{C_1}{C_0} \cdot \sin \varphi_0 \dots \dots \dots (3.8)$$

Dimana :

φ_0 = Sudut datang gelombang di laut dalam

φ_1 = Sudut datang gelombang di perairan pantai

C_0 = Cepat rambat gelombang di laut dalam

C_1 = Cepat rambat gelombang di perairan pantai

Dengan menggunakan perumusan diatas maka sudut datang gelombang pada setiap kedalaman di daerah pantai dapat dihitung apabila arah gelombang di laut dalam diketahui. Koefisien refraksi (K_r) dapat dihitung dengan perumusan berikut ini :

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \varphi_0}{\cos \varphi_1}} \dots\dots\dots (3.9)$$

Selanjutnya tinggi gelombang pada kedalaman tertentu dapat dihitung dengan rumus berikut ini :

$$H = K_{sh} \cdot K_r \cdot H_0 \dots\dots\dots (3.10)$$

dimana :

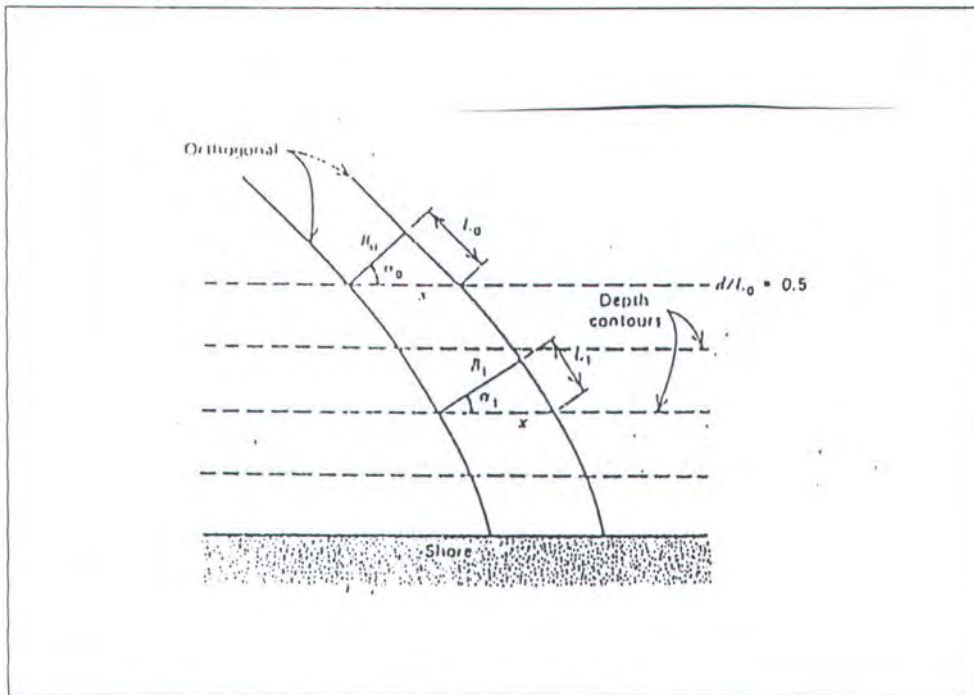
H = tinggi gelombang dititik yang ditinjau

H_0 = tinggi gelombang dilaut dalam

K_{sh} = koefisien shoaling

K_r = koefisien refraksi

untuk lebih jelasnya tentang proses refraksi gelombang di perairan yang mempunyai contour parallel dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 3.6 Proses Refraksi Gelombang untuk Contour Paralel

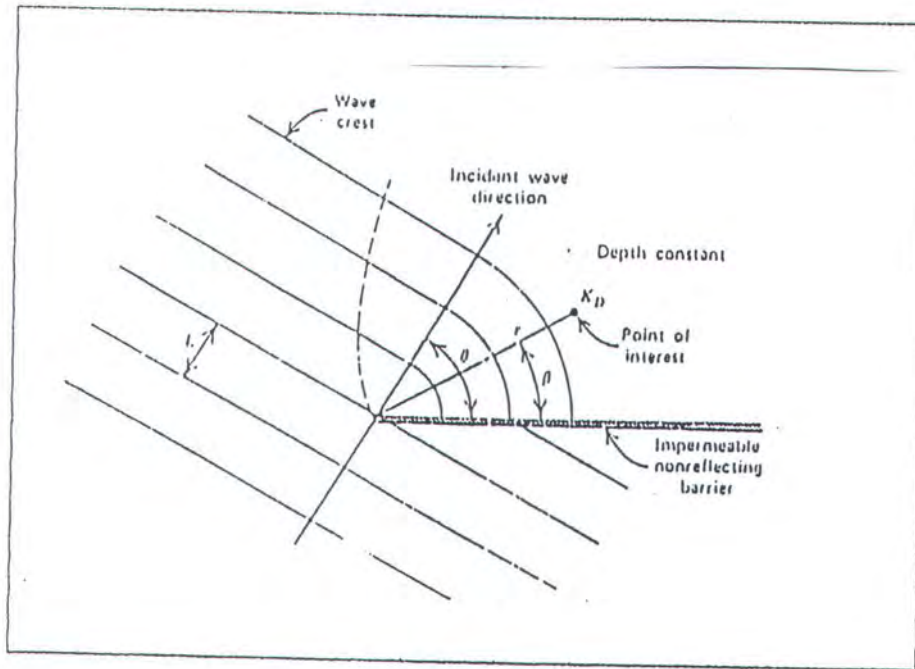
3.6.3 Defraksi Gelombang

Apabila gelombang melewati bangunan maka akan terjadi transfer energi gelombang sepanjang garis puncak gelombang ke dalam daerah di balik bangunan seperti terlihat dalam gambar 3.9 dibawah ini. Perbandingan antara tinggi gelombang disuatu titik di daerah tersebut dengan tinggi gelombang datang disebut dengan *Koeffisien Defraksi, K_d*.

$$\frac{H_A}{H_I} = K_D \dots\dots\dots (3.11)$$

Dengan $K_D = f(\theta, \beta, r/L)$ dimana θ , β , dan r sepaerti yang ditunjukkan dalam gambar, sedang L adalah panjang gelombang. Pola garis puncak gelombang dibalik bangunan dapat didekati dengan busur

lingkaran. Koefisien defraksi (K_D) dapat dihitung dari tabel (lampiran D) yang diberikan oleh Weigel (Sorensen, 1978).



Gambar 3.7 Defraksi Gelombang

3.6.4 Gelombang Pecah

Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus hasil percobaan Munk (Shore Protection Manual, 1984) berikut ini :

$$\frac{H_b}{H_o} = \frac{1}{3.3 \left(\frac{H_o'}{\lambda_o} \right)^{\frac{1}{3}}} \dots \dots \dots (3.12)$$

$$\begin{aligned}d_b &= \frac{H_b}{b - (a \cdot H_b / g \cdot T^2)} \\a &= 43.75 (1 - e^{-19 \cdot m}) \dots\dots\dots (3.13) \\b &= \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5 \cdot m})}\end{aligned}$$

dimana :

H_b = tinggi gelombang pecah, *meter*.

H_0 = tinggi gelombang dilaut dalam bila tidak terjadi refraksi gelombang, *meter*.

d_b = kedalaman air ketika mulai terjadi efek gelombang pecah, *meter*.

m = kemiringan dasar laut.

g = percepatan gravitasi bumi, meter/detik².

T = periode gelombang, detik.

Sesungguhnya orang-orang yang beriman, dan orang-orang yang berhijrah serta berjuang pada jalan Allah (untuk menegakkan agama Islam), mereka itulah orang-orang yang mengharapkan rahmat Allah. Dan (ingatlah), Allah Maha Pengampun, lagi Maha Mengasihani.
(Al - Baqarah 218)



BAB IV

PERHITUNGAN TRANSPORTASI SEDIMEN

BAB 4

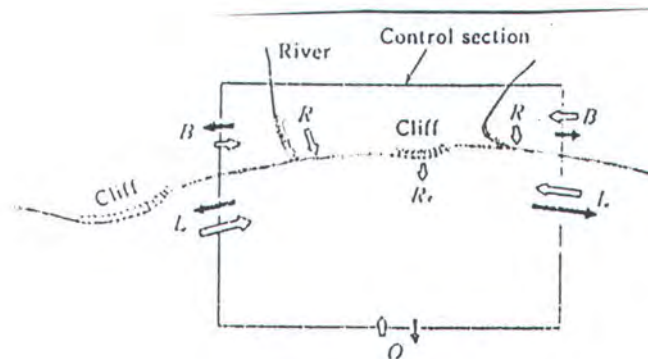
PERHITUNGAN

TRANSPORTASI SEDIMEN

4.1. TRANSPORTASI SEDIMEN

4.1.1. Umum

Transportasi sedimen adalah peristiwa perpindahan material sedimen di suatu kawasan tertentu, dalam hal ini pantai sebagai daerah littoral (littoral zone). Perpindahan itu (*Pratikto, et.al., 1996*) bisa berupa penambahan ataupun pengurangan material sedimen pada suatu daerah yang ditinjau (daerah control). Bila pengurangan material sedimen (outflow) lebih banyak daripada penambahan material sedimen (inflow) maka pada daerah control terjadi proses *erosi* (penggerusan material sedimen). Sebaliknya jika outflow lebih sedikit dibandingkan inflow maka terjadilah proses *akresi* (penumpukan material sedimen) pada daerah control tersebut. Lebih jelasnya tentang proses erosi dan akresi tersebut dapat dilihat pada gambar ilustrasi gerakan sedimen dalam daerah control di bawah ini :



Gambar 4.1 Gerak sedimen di daerah control

Dilihat dari material pembentuknya (Pratikto, et.al., 1996), ada dua jenis pantai yaitu **pantai berpasir** (sandy beach) dan **pantai berbatu** (rocky coast). Pantai berbatu terdiri dari material belah yang perubahannya bersifat tetap/permanen (irreversible), sementara pantai berpasir terdiri dari material-material lepas seperti pasir, kerikil, lempung, ataupun campuran antara ketiganya. Kondisi pantai berpasir ini menyebabkan bisa berubah secara lebih cepat dan bisa kembali ke bentuk semula seperti proses erosi-akresi, setelah terkena gaya-gaya dari luar.

Secara fisik (Sorensen, 1978) transportasi sedimen sangat dipengaruhi secara langsung oleh interaksi antara angin, gelombang, arus, pasang-surut, jenis dan ukuran sedimen, serta adanya bangunan-bangunan di daerah pantai/littoral zone. Karakteristik sedimen yang meliputi ukuran partikel dan distribusinya, serta bentuk dan specific gravity (ρ) juga sangat penting untuk diketahui karena sangat berpengaruh pada proses pengendapan / kecepatan jatuh dari partikel sedimen setelah terapung. Jadi kecepatan jatuh dari partikel sangat tergantung pada : ukuran (size), bentuk (shape), dan specific gravity.

Peristiwa perpindahan / transportasi sedimen dapat dibagi dalam tiga tahapan (*Pratikto, et.al., 1996*) yaitu :

- a. Teraduknya material kohesif dari dasar laut sehingga tersuspensi atau lepasnya material non-kohesif dari dasar laut.
- b. Perpindahan material tersuspensi secara horisontal oleh arus.
- c. Pengendapan kembali partikel / material sedimen tersebut.

Ketiga tahap tersebut sangat tergantung pada gerakan air dan karakteristik dari sedimen yang terangkut. Gerakan air pada dasarnya berbeda antara arus semata (di kanal / sungai) atau gelombang semata (di kolam / danau) ataupun kombinasi antara arus dan gelombang seperti yang terjadi di pesisir pantai. Gelombang lebih bersifat melepas material dari dasar dan mengaduknya hingga tersuspensi, sementara arus lebih bersifat memindahkan material sedimen ke tempat lain. Namun demikian hal ini tidaklah mutlak, gelombang bisa saja memindahkan partikel sedimen ke tempat lain, sementara sebaliknya arus pun juga mampu untuk mengangkut dan menyobek sedimen dari dasar.

4.1.2. Sumber-sumber yang Mempengaruhi Sedimen Transpor.

Sebagaimana telah disinggung dimuka, sedimen transpor sangatlah dipengaruhi oleh kondisi-kondisi lingkungan di daerah yang ditinjau. Pada sub-bab ini dituliskan beberapa sumber sedimen transpor. Perlu digarisbawahi pula yang dimaksud sumber sedimen disini bukan saja sebagai penghasil sedimen, tetapi juga hal-hal yang menyebabkan adanya

2. Angin

Angin sangat berperan dalam transportasi pasir (sumber sedimen) terutama di darat. Total volume pasir yang dipisahkan dari dune dipengaruhi formasi dan waktu angin bertiup. Tetapi pengaruh pemindahan material sedimen oleh angin di daerah pantai adalah tidak secara langsung.

3. Arus

Arus lebih berperan dalam memindahkan material sedimen dari satu tempat ke tempat lain. Pada kondisi tertentu arus juga bisa mengakibatkan material didasar laut teraduk yang mengakibatkan abrasi dan akresi pada bagian pantai.

4. Pasang-surut

Kecepatan arus pasang surut sangat penting dalam pengangkutan material sedimen. Daerah yang terletak antara batas air tertinggi dengan batas air terendah (inter tidal area) mempunyai pengaruh yang paling besar dalam proses transportasi sendimen. Pada daerah pantai yang landai pengaruh pasang surut akan semakin besar, karena daerah *intertidal* akan semakin luas. Akibat pengaruh pasang-surut akan terbentuklah tanggul - tanggul pantai dalam bentuk dan ukuran yang berbeda-beda, seperti *ripple maks*, *sand waves*, atau *dunes*. Hasil sedimentasi pada daerah intertidal ini akan terbawa ke zona *surf* karena adanya aktifitas *swash* dan *backwash*.

5. Dasar Laut dan Morfologi Pantai

Dasar laut yang landai dan curam memberi respon yang berbeda dalam pengendapan material sedimen yang tersuspensi. Dasar laut yang landai mempunyai potensial yang lebih besar untuk terjadinya sedimentasi, karena kondisi yang demikian itu selain mempengaruhi sifat gelombang dan arus di daerah tersebut, juga memberi kesempatan pada partikel sedimen untuk mengalami sedimentasi dalam waktu yang relatif lama.

Morfologi pantai juga memberi dampak yang berbeda antara tipe pantai yang satu dengan yang lainnya. Pantai berbatu / karang akan mengalami abrasi dan akresi yang lebih lambat dibandingkan dengan pantai berpasir. Adanya muara sungai di suatu pantai akan mempercepat terjadinya proses sedimentasi dibandingkan dengan pantai yang tidak ada muara sungainya.

6. Beach Nourishment

Beach Nourishment adalah metode ekonomis yang sering digunakan para perekayasa untuk menjaga stabilitas garis pantai. Metode ini dilakukan dengan meletakkan pasir pada daerah tertentu yang mengalami erosi. Pasir disuplai bisa dari lepas pantai (laut) atau dari tempat lain. Penempatannya pada lokasi yang dikehendaki bisa dengan pemompaan atau dengan cara lain.

7. Deposit Biologis

Shall (kerang) dan coral (karang) yang mengalami pelapukan merupakan sumber sedimen yang penting. Kondisi ini lebih banyak terjadi pada daerah tropis.

8. Gelombang

Gelombang merupakan faktor yang paling penting dalam proses transportasi sedimen di daerah littoral. Pengaruh gelombang terhadap pemindahan material sedimen dapat ditinjau pada dua zone, yaitu :

- ♦ zone gelombang laut dangkal (zone of shoaling wave)
- ♦ zone pantai (beach).

Lebih lanjut tentang kedua pembagian wilayah pengamatan itu dijelaskan pada uraian dibawah ini.

✍ Sedimentasi pada zone gelombang laut dangkal.

Yang dimaksud dengan zone gelombang laut dangkal adalah daerah perairan yang dibatasi oleh batas awal terjadinya gelombang refraksi samapai dengan zone pecahnya gelombang (breaker zone).

Gerakan orbital air yang sinkron dengan gerakan maju gelombang, maka pada bagian dasar laut akan terbentuk arus yang menuju kearah pantai, selanjutnya arus tersebut secara praktis kita namakan rip current. Arus dasar ini dapat berupa aliran laminar maupun turbulen. Kecepatan arus dasar tergantung pada energi yang diberikan oleh gelombang dan dipengaruhi oleh :

- kedalaman laut,
- morfologi dasar laut, dan
- material dasar laut.

Bersaman dengan itu, maka arus dasar akan mendorong suspended load yang berada diatas bed load. Hal ini dapat dijadikan indikasi bahwa semakin dangkal suatu perairanan mengakibatkan potensi

sedimentasi semakin membesar.

Pada saat gelombang memecah, bersamaan dengan itu mass transport akan terangkat keatas membentuk aliran turbulen dan akibatnya terbentuklah suspensi yang baru dengan densitas yang lebih besar. Gaya yang ditimbulkan oleh aliran turbulen itu akan mendorong sejumlah massa air untuk kembali ke laut dan sebagian lagi akan terdorong ke arah zone pantai. Aliran massa air yang terdorong ke arah laut akan membentuk arus permukaan. Mekanisme gerakan arus di zone gelombang laut dangkal ini akan mengakibatkan kegiatan sedimentasi terkonsentrasi di sekitar zone breaker.

✎ *Sedimentasi pada zone pantai.*

Dalam kaitannya dengan pembahasan sedimentasi, yang dimaksud zone pantai adalah perairan yang dimulai sejak zone breaker sampai batas tertentu di darat yang masih terpengaruh oleh gerakan air laut.

Untuk kondisi pantai yang cukup landai, zone pantai dapat dibagi lagi menjadi 2 subzone, yaitu :

- subzone *surf*, dan
- subzone *swash and backwash*.

Subzone surf adalah daerah perairan yang dibatasi oleh zone breaker dan kedalaman laut 0 (nol) meter atau dengan kata lain daerah yang selalu terendam air. Gerakan massa air dipermukaan tersebut akan terus mencapai daratan, dengan membentuk lapisan tipis yang disebut swash. Setelah mencapai titik dimana energi massa air telah mencapai 0 (nol), maka massa air tersebut akan bergerak kembali kearah

subzone surf (karena gaya gravitasi). Gerakan balik massa air tersebut disebut backwash, sedang daerah tempat terjadinya proses swash dan backwash tersebut dinamakan subzone swash and backwash.

Backwash akan menimbulkan arus dasar (rip current) di subzone surf yang arahnya menuju ke zone breaker. Aliran dasar tersebut akan mendorong sejumlah bed load dan suspended load dan setelah sampai di zone breaker akan memcah kembali serta membentuk aliran turbulen. Peristiwa ini akan menyebabkan konsentrasi sedimentasi terjadi di daerah sekitar zone breaker.

Nampaklah adanya kesamaan mekanisme arus, namun pada zone pantai kondisi lautnya relatif lebih tenang dan mass transport ke arah zone breaker tertahan oleh adanya tanggul (breaker bar). Sehingga pada zone pantai sedimentasi yang terjadi lebih besar daripada zone gelombang laut dangkal. Dengan adanya sedimentasi pada zone pantai, maka lambat laun zone breaker akan bergeser ke arah laut, sehingga akibatnya daerah pendangkalan semakin luas.

4.1.3. Macam-macam Sediment Transport

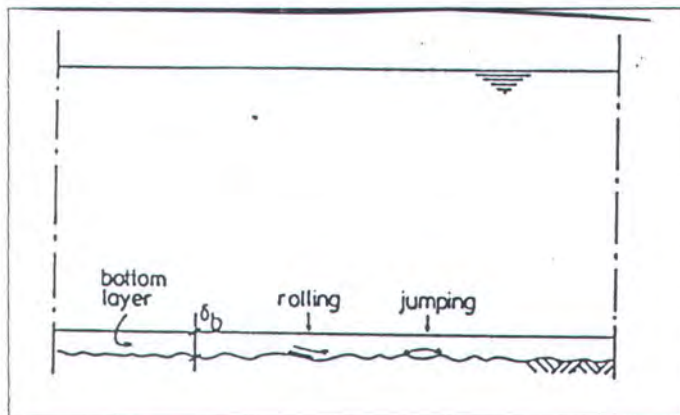
Berdasarkan jenis dan ukuran material sedimen yang dipindahkan maka sediment transport dapat dibedakan menjadi dua jenis (*Pratikto, et.al., 1996*) , yaitu :

- ♦ ***Bed Load Transport / Littoral Transport (S_b).***

adalah apabila material sedimen yang dipindahkan terdiri atas

material non kohesif. Ukuran butir partikel sedimen (ϕ) relatif kasar dengan specific gravity (ρ) relatif lebih besar. Biasanya partikel sedimen berupa pasir, kerikil, pecahan karang, dan lain-lain.

Transportasi sedimen hanya terjadi didekat bottom (lapisan tipis diatas bottom). Perpindahan material sedimen bisa berupa rolling maupun jumping. Selama perpindahannya, material sedimen hampir selalu kontak dengan dasar laut (lihat gambar 4.3)



Gambar 4.3 Bed load transport

♦ ***Suspended Load Transport / Mud Transport (S_s).***

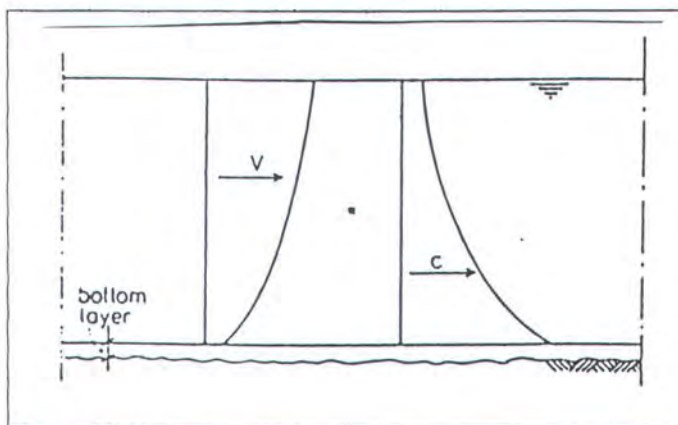
adalah apabila partikel sedimen yang dipindahkan berupa material kohesif. Ukuran butir partikel sedimen (ϕ) relatif halus dengan specific gravity (ρ) relatif lebih lembut, sehingga sifat partikel sedimennya melayang-layang di dalam air. Biasanya berupa lempung halus, lumpur, dan lain-lain.

Suspended load hanya dipengaruhi oleh pergeseran butiran material sedimen itu sendiri dalam air. Transportasi sedimen terjadi diatas lapisan tipis bed load. Kecepatan perpindahan (transport

rate) diperoleh melalui integrasi kecepatan partikel (V) dan konsentrasi sedimen (C) dengan batas integrasi permukaan air sampai bottom layer (persamaan 4.1, gambar 4.4). Untuk menghitung suspended transport, distribusi kearah vertikal kecepatan partikel dan konsentrasi sedimen, $V(z)$ dan $C(z)$, penting untuk diketahui.

$$S_s = \delta b \int^h \overline{C(z)} \cdot V(z) dz \dots\dots\dots (4.1).$$

dimana : δb = tebal bottom layer.



Gambar 4.4 Suspended transport

Kondisi batas antara kedua jenis sedimen transpor tersebut sulit untuk ditentukan. Perbedaan antara kedua jenis transportasi sedimen ini juga sulit untuk didefinisikan. Namun demikian didalam praktek, antara bed load transport (S_b) dan suspended load transport (S_s) tetap dibedakan dan keduanya dibicarakan secara terpisah (Van der Velden, 1989). Kedua-dua jenis transportasi sedimen ini sangat dipengaruhi oleh intensitas dari pergerakan air. Jika kecepatan air lebih kecil dari kecepatan kritis (V_c),

maka perpindahan sedimen tidak terjadi. Begitu $V > V_c$ maka saat itulah dimulainya perpindahan sedimen.

Menurut arah perpindahan angkutan sedimen terhadap garis pantainya, sediment transport dibedakan menjadi dua macam juga (Nur Yuwono, 1986), yakni :

♦ *On shore - Off shore Transport*

adalah angkutan sedimen yang terjadi pada arah tegak / melintang terhadap garis pantai, baik itu angkutan sedimen dari pantai ke laut ataupun sebaliknya dari laut ke pantai. Hal ini disebabkan karena arah gelombang sebagai pembawa utama material sedimen tegak terhadap garis pantai. Angkutan sedimen seperti ini merupakan peristiwa transpor sedimen terpenting di zone lepas pantai (off shore zone).

♦ *Long shore Transport*

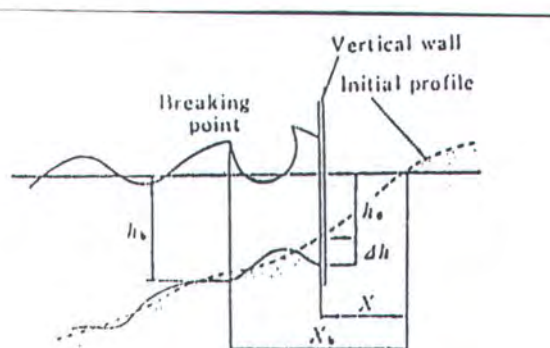
adalah angkutan sedimen yang terjadi pada arah sejajar / memanjang terhadap garis pantai. Angkutan sedimen semacam ini terutama terjadi pada 'surf zone' walaupun tidak menutup kemungkinan pada daerah inipun bisa terjadi angkutan sedimen jenis sebelumnya (on shore - off shore transport). Arah dari gelombang datang terhadap garis pantai menentukan arah dominan pemindahan material sedimen (littoral drift).

Kedua cara angkutan sedimen diatas mempunyai pengaruh yang berbeda terhadap perubahan garis pantai, baik pada pantai yang masih

alami maupun pantai yang telah diberi bangunan pengaman pantai. Untuk lebih jelasnya akan dibahas pada subbab berikutnya di bawah ini.

4.1.4. Perubahan Garis Pantai karena Keberadaan Struktur Pantai.

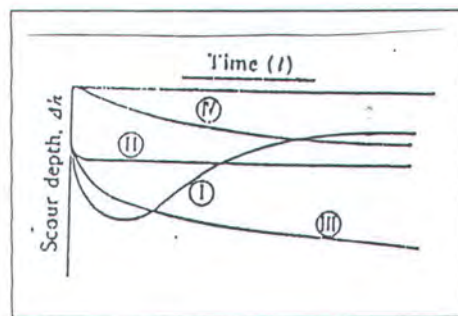
Penempatan suatu struktur pada pantai akan mempengaruhi perubahan bentuk garis pantai (*Pratikto, et.al., 1996*). Hal ini disebabkan karena keberadaan struktur tersebut akan mengganggu kesetabilan transportasi material sedimen secara alamiah. Penempatan struktur di pantai diperlukan untuk mengamankan garis pantai, namun demikian harus dipertimbangkan secara masak agar penambahan bangunan tersebut tidak menimbulkan masalah (sedimentasi) pada masa mendatang. Seawall, Jetty, diletakkan pada daerah yang relatif dangkal, sementara breakwater terletak didaerah cukup dalam. Karakteristik scour/gerusan juga berbeda antar bangunan, tergantung peletakan bangunan dan kedalaman air. Gambar 4.3 ini menunjukkan karakteristik dimensi scour;



Gambar 4.3 Scour pada Dinding Vertikal

dimana x adalah lokasi strktur diukur dari garis pantai; x_b adalah letak titik gelombang pecah (breaker point) sebelum struktur diletakkan, h_0 adalah kedalaman air mula-mula dimuka struktur, dan Δh adalah kedalaman scour.

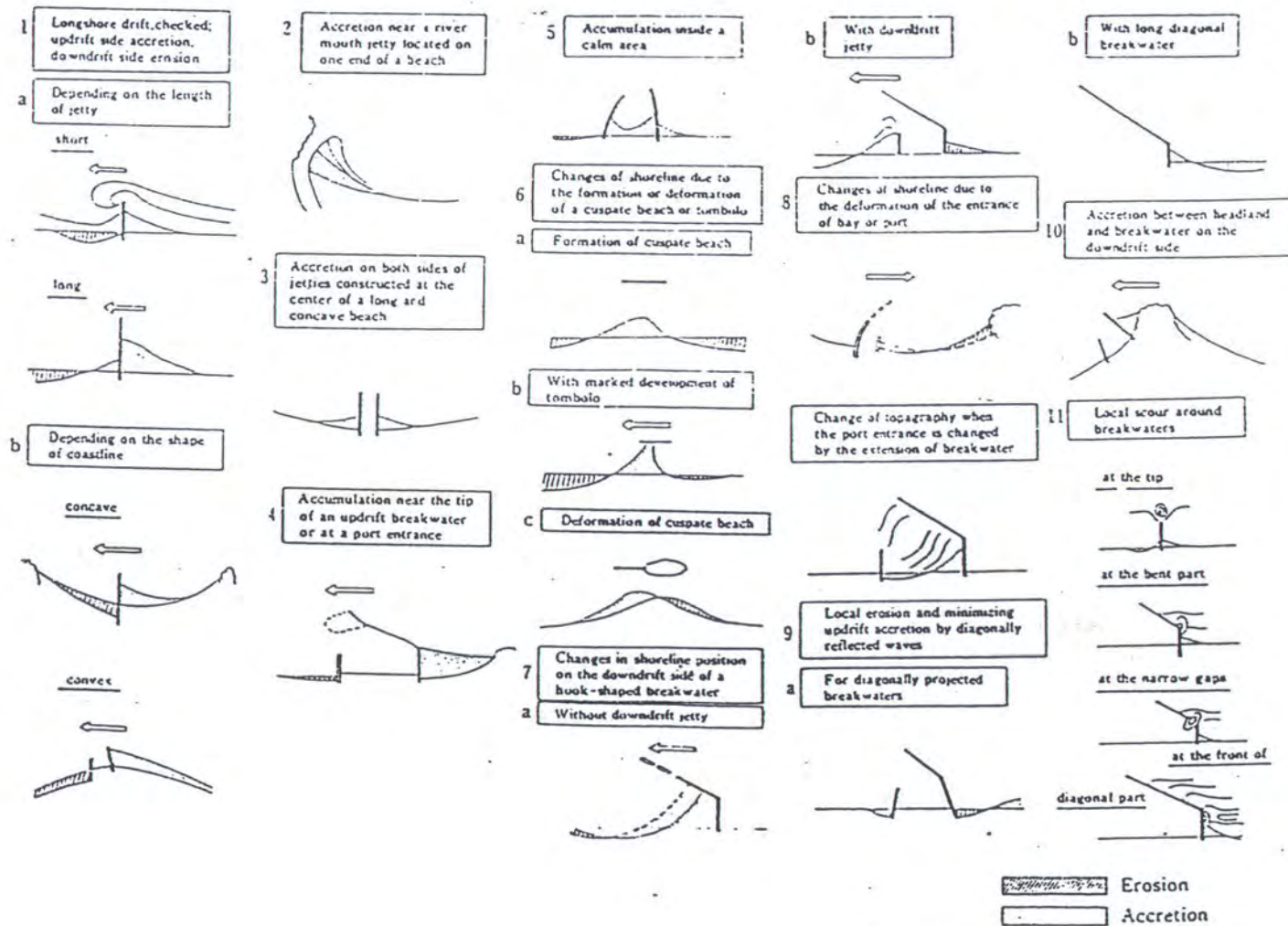
Sato dkk. (Pratikto, et.al., 1996) melakukan penelitian karakteristik scour pada suatu dinding vertikal yang diletakkan pada lokasi yang bervariasi kemiringannya. Hasil penelitian ini memberikan empat tipe scour sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 4.4 dibawah ini :



Gambar 4.4 Tipe Scour

Tipe I, II, dan III adalah tipe scour yang terjadi jika gelombang pecah langsung mengenai struktur. Tipe I terjadi bila struktur diletakkan dekat garis pantai, sehingga sebagian besar scour terisi kembali; jika strktur diletakkan di bagian sempadan pantai tidak terjadi pengisian material pada lobang scour (tipe II), dan jika struktur ditempatkan antara breaking point dan garis pantai scour dengan cepat akan terbentuk pada awalnya, namun kecepatan scour menurun kemudian (tipe III). Pada tipe IV, scour terjadi secara perlahan tanpa kemungkinan terjadinya formasi gelombang berdiri (standing wave).

Tanaka (*Pratikto, et.al., 1996*) mengklasifikasikan 11 tipe perubahan morfologi pantai akibat adanya keberadaan struktur pantai dalam gambar 4.5.7



Gambar 4.5 Klasifikasi Perubahan Morfologi Pantai akibat Penambahan Struktur Pantai.

Tabel 4.1
Tipe Perubahan Morfologi Pantai Menurut Tanaka

Tipe 1	(a)	Tipe ini adalah kasus dimana sebuah jetty menutupi longshore transport. Akumulasi sedimen akan terjadi dibagian updrift dan erosi akan terjadi pada bagian down drift. Tingkat erosi yang terjadi tergantung dari panjang jetty.
	(b)	Jika garis pantai berbentuk cekung, garis pantai dibagian updrift akan tetap, dan berkurang di bagian down drift. Sehingga masing-masing garis pantai akan memiliki arah yang hampir sama. Sebaliknya
Tipe 2		Jika Jetty terletak dimuara sungai dekat tanjung diujung pantai, pantai datar yang luas akan terbentuk disekitar jetty.
Tipe 3		Jika jetty yang panjang diletakkan ditengah pantai yang janjang dan cekung, akumulasi terbentuk di deua sisi jetty. Tipe ini meliputi daerah akumulasi yang luas dan tak tererosi seperti tipe 1
Tipe 4		Aumulasi segera terbentuk dibagian down drift ujung breakwater karena mekanisme yang sama seperti yang terjadi di tipe 1. namun kasus ini dibuat sebagai tipe tersendiri karena keterlibatannya dalam pelumpuran kolam pelabuhan.
Tipe 5		Akumulasi yang terbentuk pada kolam yang cukup tenang.
Tipe 6	(a)	Sebuah cusplate spit terbentuk pada ujung breakwater yang terpisah.
	(b)	Sebuah tembolo berfungsi sebagai jetty dan menyebabkan erosi di bagian down drift pantai.
	(c)	Jika daerah tersembunyi diubah dengan perluasan breakwater atau oleh pembuatan pelabuhan baru disisi pulau, cusplate spit yang telah ada berubah sebagian.
Tipe 7	(a)	Akresi terbentuk di daerah tersembunyi pada suatu breakwater terbentuk kait, dan erosi terbentuk pada bagian down drift daerah tersembunyi
	(b)	Pembuatan Jetty dibagian down drift breakwater berbentuk kait akan mencegah perkembangan akresi di dalam kolam pelabuhan. Jika breakwater tersebut diperluas, akresi akan terjadi dibagian down drift jetty, dan lebih sering terjadi karena pendangkalan kolam pelabuhan.
Tipe 8		Perpanjangan jetty atau breakwater akan menghasilkan garis pantai baru berbentuk cekung yang stabil. Jika lebar atau posisi masuk pelabuha atau teluk dirubah karena perpanjangan brekwater atau jetty, garis pantai merubah arahnya dan melengkung mencapai bentuk baru
Tipe 9	(a)	Jika breakwater diperpanjang pada arah diagonal garis pantai, erosi lokal di kaki breakwater terjadi sebagai akibat refleksi gelombang.
	(b)	Erosi yang sama juga terjadi jika bagian breakwater yang tegak lurus garis pantai sangat pendek.
Tipe 10		Jika sebuah pelabuhan dibangun debagian down drift suatu tanjung, akumulasi secara cepat terjadi diantara breakwater dan tanjung.
Tipe 11		Tipe selain tipe-tipe diatas

4.2. TEORI PERHITUNGAN TRANSPORTASI SEDIMEN

Dari uraian diatas dapat diketahui bahwa peristiwa perpindahan material sedimen (sediment transport) disuatu daerah (pantai) merupakan masalah yang kompleks. Untuk dapat menyederhanakan permasalahan tersebut banyak diumumkan teori-teori tentang perhitungan sediment transport. Pada tulisan ini hanya dibatasi untuk perhitungan longshore sediment transport.

Secara umum transportasi sedimen pada suatu daerah unit lebar dan kedalaman air tertentu dapat dituliskan sebagai berikut :

$$S = \frac{1}{t'} \int_{-h}^{h+\eta} \int_{t'}^{t'} c(z, t) u(z, t) dt dz \dots\dots\dots (4.3)$$

dimana :

S = kecepatan sediment transport

t' = periode pengintegrasian

h = kedalaman air pada daerah yang ditinjau

η = elevasi muka air sesaat

$c(z, t)$ = konsentrasi material sesaat

$u(z, t)$ = komponen kecepatan sesaat

z = elevasi diatas dasar laut

t = waktu

Dalam kasus ini u (kecepatan) diasumsikan sama dengan longshore velocity, V . Kecepatan ini dalam praktek hampir tidak tergantung terhadap waktu, sebab gelombang menyebabkan waktu bergantung pada komponen Velocity. Sebagai gambaran gelombang aksi yang arahnya tegak lurus terhadap garis pantai, maka longshore velocity-nyapun searah. Sebab velocity $u(z,t)$ adalah hampir tidak tergantung pada waktu, t . Dengan kata lain $u(z,t) \rightarrow u(z)$, demikian pula rata-rata konsentrasi sedimen $\overline{c(z)}$ dapat digunakan pula untuk mengganti konsentrasi sedimen sesaat, $c(z,t)$.

Dengan penyederhanaan yang dilakukan diatas, maka longshore sediment transport dapat ditulis ulang sebagai :

$$S = \int^{h+\eta} u(z) \overline{c(z)} dz \dots\dots\dots (4.4)$$

Persamaan longshore sediment transport diatas (persamaan 4.4) adalah mirip dengan formula untuk menghitung transportasi sedimen di sungai. Pada prinsipnya antara kedua formula tersebut memang sama, sehingga formulasi inipun bisa dipakai untuk menghitung transportasi sedimen dengan kondisi arus saja (tanpa gelombang).

Beberapa metode digunakan untuk menghitung velocity dan konsentrasi yang mana masing-masing berbeda untuk tiap-tiap kasus. Velocity tergantung pada gaya yang dibangkitkan dan tegangan geser pada dasar laut. Tegangan geser dasar dipengaruhi oleh aksi gelombang. Konsentrasi sedimen di daerah pantai umumnya lebih besar dibandingkan

dengan di sungai. Hal ini disebabkan karena aksi gelombang yang mengaduk material dasar laut. Konsentrasi sedimen sebagian besar tergantung pada aksi gelombang.

Pada beberapa penelitian dicoba untuk menggambarkan longshore transport rate. Besarnya harga $u(z)$ dan $\overline{c(z)}$ tergantung pada beberapa parameter yaitu antara lain :

- karakteristik gelombang, H_0 dan T
- breaker indeks, γ
- karakteristik sedimen, D
- sudut gelombang datang, ϕ_0
- kemiringan dasar laut / beach slope, m , dan
- kekasaran dasar laut, r .

Beberapa variasi penyelesaian yang diberikan juga terjadi karena perbedaan parameter yang digunakan. Tabel 4.3 menunjukkan klasifikasi umum untuk memprediksi longshore sediment transport.

Pada pantai dengan material sedimen dasar laut berupa pasir, maka dibuat formula khusus untuk pantai pasir. Ini dimungkinkan karena prediksi untuk material dasar laut berupa pasir relatif lebih sederhana, sebab :

- kekohesifan diabaikan, dan
- tegangan geser dapat diabaikan.

Pada material-material dasar laut yang halus, seperti : clay (lempung) dan silt (lumpur) tidak mempunyai propertis yang sederhana. Untuk

menyederhanakan masalah dan keumuman kejadian material, maka formula sediment transport biasanya selalu diturunkan dari formulasi perhitungan transportasi sedimen untuk pasir. Pada beberapa kasus sering disebut dengan "*Sand Transport Formula*".

Tabel 4.3
Tabel Klasifikasi Umum
untuk Memprediksi Longshore Sediment Transport

MODEL	KLASIFIKASI
CERC fomula	Bulk energy model
Davies and Kamphuis (1985)	Bulk energy model, memasukkan ukuran grain & kemiringan pantai
Sayao, Naim, & Kamphuis (1985)	Bulk energy model, memasukkan ukuran grain & kemiringan pantai
Bijker (1971)	Basis pada bed load dan konsentrasi suspended load dengan memasukkan arus tanpa kreteria gerakan awal
Engelund - Hansen adaptasi dari swart (1976)	Basis pada bed load dan konsentrasi suspended load dengan memasukkan arus tanpa kreteria gerakan awal
Fleming (1977)	Basis pada bed load dan konsentrasi suspended load dengan memasukkan arus dengan memasukkan kreteria gerakan awal
Ackers - White adaptasi dari Van de Graff dan Van Overeem (1979)	Basis pada bed load dan konsentrasi suspended load dengan memasukkan arus dengan memasukkan kreteria gerakan awal
Ackers - White adaptasi dari Fleming dan Swart (1982)	Memasukkan kreteria pergerakan awalyang berasal dari jarak lebar gelombang dan kondisi arus
Nielsen (1979, 1985)	Basis pada konsentrasi bed load dan suspended load dengan latar belakang arus, dan memasukkan kreteria gerakan awal.

4.3. BIJKER TRANSPORT FORMULA

Bijker mengembangkan rumus untuk menghitung sediment transport sebagai fungsi yang diberikan oleh sumber gelombang dan arus longshore terlepas dari asal usulnya (gelombang karena arus atau arus pasang surut).

Rumus Bijker terdiri dari 2 (dua) komponen utama :

- ♦ *Bed load transport component*, dan
- ♦ *Suspended load transport component*.

Bed load transport formula dikembangkan dari rumus Kalinske-Frijlink (untuk bed load pada kondisi perairan sungai). Bijker membedakan rumus Kalinske-Frijlink dalam *parameter pengadukan* dan *parameter transport*. Dia memperkenalkan pengaruh gelombang melalui modifikasi dari tegangan geser dasar perairan (bottom), τ_c , dalam parameter pengaduk, τ_{cw} . Sisanya parameter transport diambil dengan menyederhanakan ripple factor, μ .

Selanjutnya menurut Bijker, Bed load / bottom transport formula dapat dituliskan sebagai berikut :

$$S_b = \frac{5 \cdot D_{50} \cdot v \cdot \sqrt{g}}{c} \cdot \exp \left[\frac{-0.27 \cdot \Delta \cdot D_{50} \cdot \rho \cdot g}{\mu \cdot \tau_{cw}} \right] \dots \dots (4.5)$$

dimana :

- S_b = bed load transport,
- D_{50} = diameter rata-rata partikel,
- V = kecepatan arus rata-rata,
- C = koefisien chezy,
- g = percepatan gravitasi,
- Δ = rata-rata B.J relatif dari material dasar,
- μ = ripple factor, dan
- τ_{cw} = tegangan geser dasar karena gelombang dan arus.

Selanjutnya diketahui bahwa harga-harga berikut adalah untuk melengkapi formula Bijker diatas :

$$C = 18 \cdot \log \left(\frac{12 \cdot h}{r} \right) \dots\dots\dots (4.6a).$$

$$C_{90} = 18 \cdot \log \left(\frac{12 \cdot h}{D_{90}} \right) \dots\dots\dots (4.6b).$$

$$\Delta = \left(\frac{-(\rho_s - \rho)}{\rho} \right) \dots\dots\dots (4.6c).$$

$$\mu = \left[\left(\frac{C}{C_{90}} \right)^{1.5} \right] \dots\dots\dots (4.6d).$$

$$\overline{\tau_{cw}} = \frac{\rho \cdot g \cdot v^2}{c^2} \cdot \left[1 + 0.5 \left(\gamma \cdot \frac{\hat{u}_o}{v} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (4.6e).$$

$$\xi = c \cdot \sqrt{\frac{f_w}{2 \cdot g}} \dots\dots\dots (4.6f).$$

dimana :

r = kekasaran dasar laut / bottom roughness,

C_{90} = koefisien chezy berbasis pada D_{90} ,

ρ = berat jenis air,

ρ_s = berat jenis material dasar,

h = kedalaman setempat perairan,

ξ = Bijker's parameter,

f_w = Jonsson's friction factor.

Bijker mengasumsikan bahwa bottom transport terjadi pada lapisan - lapisan yang mempunyai ketebalan sama dengan kekasaran bottom, r . Konsentrasi material dasar pada lapisan ini, C_a (diasumsikan konstan diatas ketebalannya), adalah :

$$C_a = \frac{S_b}{6.34 \cdot r \cdot v_*} \dots\dots\dots (4.7).$$

konsentrasi ini diasumsikan selalu konstan diatas setiap ketebalan, r , dari lapisan-lapisan bed transport. Pada titik terluar, konsentrasi ini digambarkan dalam unit volume deposit sedimen per unit volume air (termasuk rongga dalam deposit sedimen).

Selanjutnya Bijker menggabungkan *bed load transport formula* dengan *suspended load transport formula* dari Einstein. Banyak rumus matematika digunakan untuk menghitung *suspended sediment* dapat dilihat dengan arah yang sesuai terhadap *bed load transport*, seperti :

$$S_s = 1.83 \cdot Q \cdot S_b \dots\dots\dots (4.8).$$

$$Q = [I_1 \cdot \ln(\frac{33 \cdot h}{r}) + I_2] \dots\dots\dots (4.9).$$

Parameter I_1 dan I_2 diketahui sebagai integral Einstein yang nilainya adalah sebagai berikut :

$$I_1 = R \int_A^1 \left\{ \frac{1-\zeta}{\zeta} \right\}^{z_*} d\zeta \dots\dots\dots (4.9a).$$

$$I_2 = R \int_A^1 \left\{ \frac{1-\zeta}{\zeta} \right\}^{z_*} \cdot \ln \zeta \, d\zeta \dots\dots\dots (4.9b).$$

$$R = \frac{0.216 \cdot A^{(z_*-1)}}{(1-A)^{z_*}} \dots\dots\dots (4.9c).$$

$$Z_* = \frac{W}{K \cdot v_*} \dots\dots\dots (4.9d).$$

dimana :

ς = parameter tinggi tanpa dimensi (z/h)

A = parameter kekasaran tanpa dimensi (r/h)

V_* adalah kecepatan tegangan geser yang diambil dengan memasukkan parameter gelombang.

$$V_* = V_{*cw} = \sqrt{\frac{\tau_{cw}}{\rho}} \dots\dots\dots (4.10).$$

Bila keduanya, bed load and suspended load, diketahui maka besar total transport, S , pada daerah yang ditinjau tersebut adalah dengan menjumlahkan antara keduanya. Dikarenakan suspended load transport mempunyai arah relatif terhadap bed load transport, maka persamaan total transport dapat disederhanakan sebagai :

$$S_x = S_b + S_s \dots\dots\dots (4.11c)$$

$$S_x = S_b (1 + 1.83 \cdot Q) \dots\dots\dots (4.11b)$$

Distribusi dari transportasi pasir melintang terhadap breaker zone adalah didasarkan dengan penghitungan transport untuk variasi kedalaman, h , jarak terbesar dari kedalaman adalah tepi terluar dari breaker zone, h_b . Jadi perhitungan jelas melibatkan banyak pekerjaan sehingga penggunaan program komputer sangat membantu.

Dan berilah khabar gembira kepada orang-orang yang beriman dan beramal soleh, sesungguhnya mereka beroleh syurga yang mengalir di bawahnya beberapa sungai; tiap-tiap kali mereka diberikan satu pemberian dari sejenis buah-buahan syurga itu, mereka berkata: "Inilah yang telah diberikan kepada kami dahulu"; dan mereka diberikan rezeki itu yang sama rupanya (tetapi berlainan hakikatnya), dan disediakan untuk mereka dalam syurga itu pasangan-pasangan, isteri-isteri yang sentiasa bersih suci, sedang mereka pula kekal di dalamnya selama-lamanya.

(Al - Baqarah 25)



BAB V

P E N E N T U A N L A Y - O U T P E L A B U H A N T E L U K R A T A I

BAB 5

PENENTUAN LAY OUT

PELABUHAN TELUK RATAI

5.1 UMUM

Sebagaimana yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, study kecepatan sedimentasi pada Pelabuhan Teluk Ratai ini mengambil model lay-out yang telah ditulis pada Final Report Tes Model Kolam Labuh Pangkalan Utama TNI-AL Teluk Ratai. Ada banyak model yang telah dilakukan pada pengujian penetrasi gelombang Tes Model Kolam Labuh tersebut, yaitu kurang lebih 17 macam pengujian model. Namun demikian secara umum model-model itu dapat dikelompokkan menjadi 4 (empat) type model utama, yaitu :

- ♦ Model Kolam Labuh tanpa Break Water
- ♦ Model Kolam Labuh dengan Break Water
- ♦ Model Kolam Labuh dengan Detached Break Water
- ♦ Model Kolam Labuh dengan Onshore Break Water

Sedang model-model yang lainnya hanyalah merupakan pengembangan dari 4 (empat) model yang telah ada tersebut. Perubahan-perubahan yang dilakukan adalah berupa penambahan trestel pada beberapa sisi kolam pelabuhan dan breakwater. Penambahan trestel ini dimaksudkan untuk

meredam efek reflesi/ pemantulan gelombang karena pengaruh dinding kolam labuh.

5.2 PEMILIHAN MODEL PELABUHAN TELUK RATAI

Pertimbangan pemilihan model Pelabuhan Teluk Ratai dilakukan diantara beberapa model yang telah diuji pada Tes Model Kolam Labuh Pelabuhan Teluk Ratai tersebut mengingat :

- ☐ keterbatasan waktu
- ☐ adanya kesamaan utama diantara beberapa model yang diteliti
- ☐ studi yang dilakukan dimaksudkan untuk bisa membedakan laju sedimentasi diantara model-model Pelabuhan Teluk Ratai berkaitan dengan penambahan/perubahan bangunan-bangunan di pantai. Sehingga diantara beberapa model dengan bentuk umum bangunan pantai yang setype dipilih salah satunya saja, dalam hal ini adalah dipilih model yang memiliki efek refleksi gelombang yang paling kecil.

Bentuk dan ukuran masing-masing model rencana Pelabuhan Teluk Ratai, itu adalah seperti yang terlihat dibawah ini :

✎ Model kolam labuh tanpa Break water.

Model kolam labuh ini terbuka secara keseluruhan menghadap ke lepas pantai. Adapun ukuran panjang kolam labuh direncanakan sebagai berikut (BPPT, Pebruari 1996) :

Sisi depan = 1080 meter ~>

Sisi belakang = 1230 meter

Sisi kanan = 415 meter

Sisi kiri = 400 meter

Untuk lebih detailnya bisa dilihat pada gambar Lay-out Kolam Labuh Pangkalan Utama TNI - AL Teluk Ratai (gambar 2.2) dan gambar Pola Titik -titik Pengamatan Penetrasi Gelombang tanpa Break water (gambar 5.1).

✂ ***Model Kolam Labuh dengan Break Water.***

Model kolam labuh ini terbuka sebagian kecil menghadap ke lepas pantai, dan sisanya tertutup dengan break water. Dimensi kolam labuh secara umum hampir sama dengan model kolam labuh tanpa break water. Perbedaannya terletak pada penambahan break water disisi depan, sehingga bagian yang terbuka langsung kelaut tinggal sebuah pintu keluar masuk pelabuhan dengan lebar 200 meter saja (BPPT, Pebruari 1996). Untuk lebih detailnya seperti yang terlihat pada gambar 2.2 maupun gambar Pola Titik-titik Pengamatan Penetrasi Gelombang dengan Break Water (gambar 5.2).

✂ ***Model Kolam Labuh dengan Detached Break Water.***

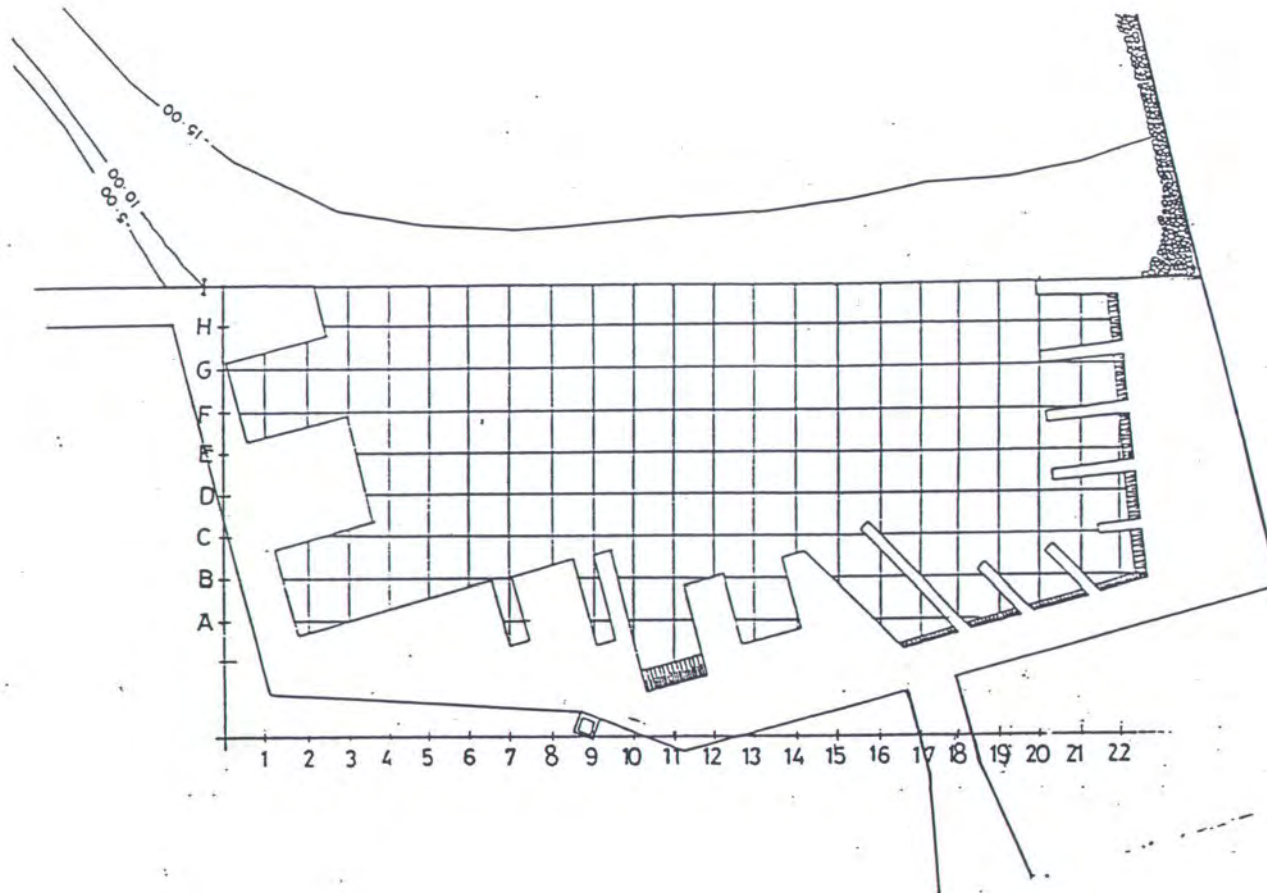
Model kolam labuh ini seperti model kolam labuh dengan break water (model ke-2) diatas. Namun pada jarak 300 ') meter didepan pintu pelabuhan dari arah datangnya gelombang dominan terdapat *Detached Break Water*. Panjang *Detached Break Water* tersebut 240 ') meter dengan posisi sejajar terhadap break water yang menutupi sebagian besar kolam pelabuhan (BPPT, Pebruari 1996). Untuk lebih detailnya seperti yang terlihat pada gambar 2.2 maupun gambar Pola

Titik-titik Pengamatan Penetrasi Gelombang dengan Detached Break Water (gambar 5.3).

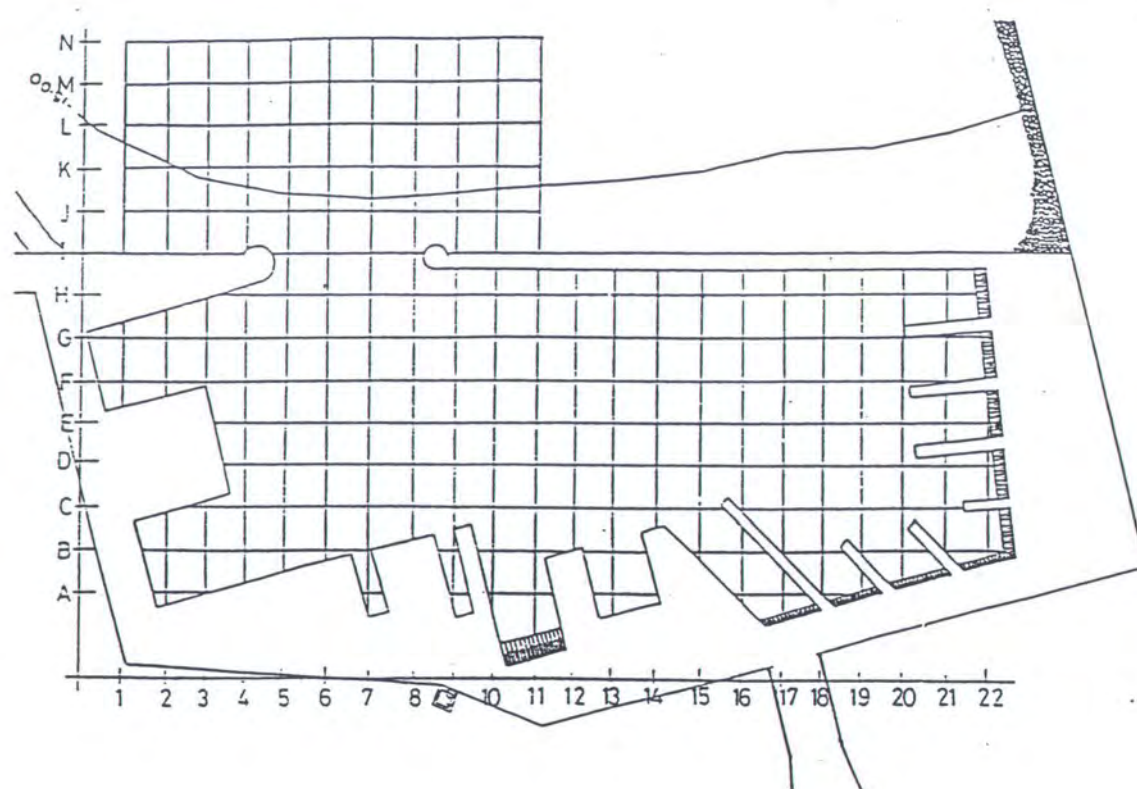
✍ ***Model Kolam Labuh dengan Onshore Break Water.***

Ukuran model kolam labuh ini adalah sebagaimana model ke-2 diatas, perbedaanya terletak hanya pada penambahan *Onshore Break Water*. Letak Onshore Break Water ini adalah disisi kiri pintu masuk dengan posisi sedikit melingkar ke kanan. Proyeksi panjang kearah laut 280 *) meter dan proyeksi panjang kearah kanan 140 *) meter (BPPT, Pebruari 1996). Untuk lebih detailnya seperti yang terlihat pada gambar 2.2 maupun gambar Pola Titik-titik Pengamatan Penetrasi Gelombang dengan Onshore Break Water (gambar 5.4).

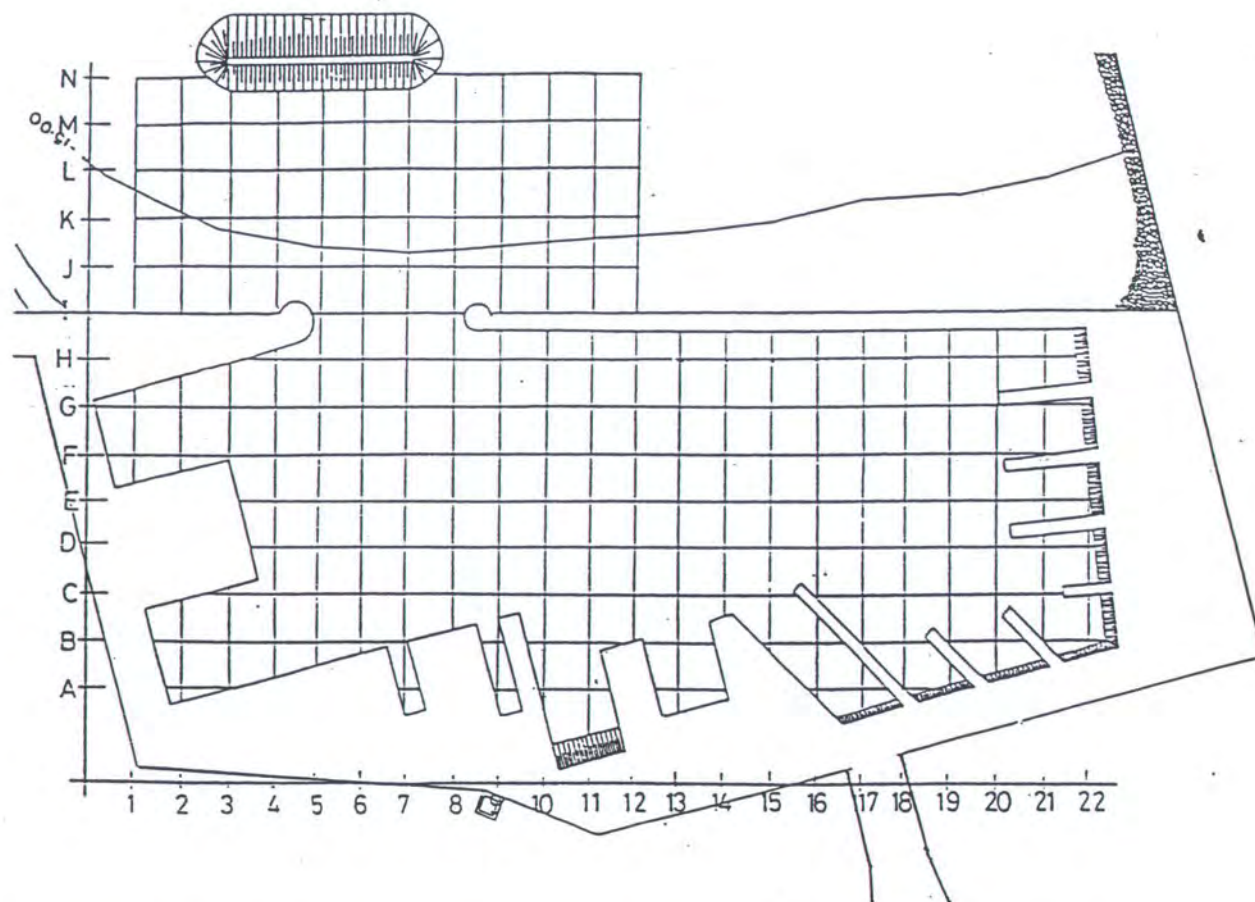
*> Diperoleh dari gambar Pola Titik -titik Pengamatan Penetrasi Gelombang untuk masing-masing model yang bersesuaian dikalikan dengan sekalanya.



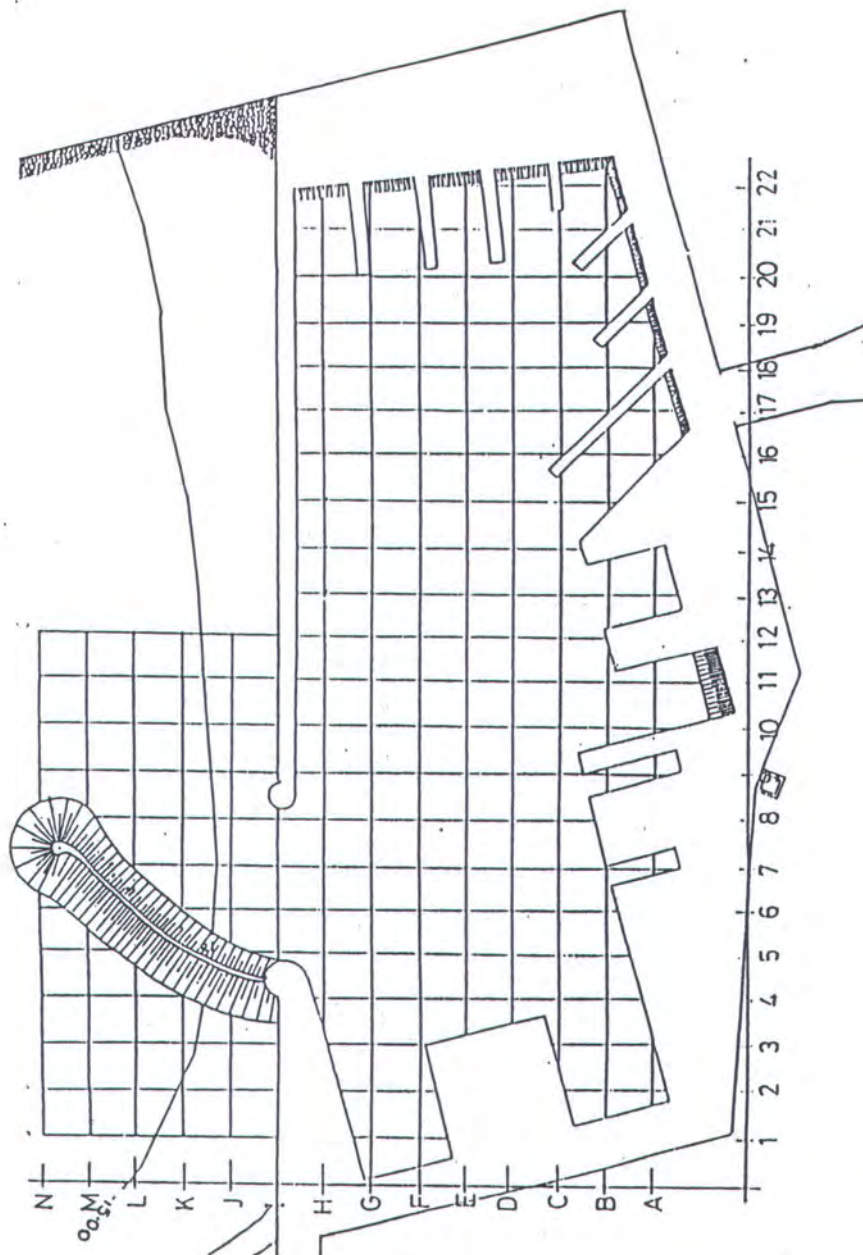
Gambar 5.1 Pola Titik-titik Pengamatan Penetrasi Gelombang tanpa Break Water



Gambar 5.2 Pola Titik-titik Pengamatan Penetrasi Gelombang dengan Break Water



Gambar 5.3 Pola Titik-titik Pengamatan Penetrasi Gelombang dengan Detached Break Water



Gambar 5.4 Pola Titik-titik Pengamatan Penetrasi Gelombang dengan Onshore Break Water

5.3 PERHITUNGAN LAJU SEDIMENTASI PADA TIAP - TIAP MODEL.

Pada bab 4 telah dituliskan, bahwa dalam perhitungan transportasi sedimen menggunakan formulasi yang disampaikan oleh Bijker. Tiap-tiap type model dipilih yang paling kecil efek refleksi gelombangnya. Prosedur yang ditempuh untuk menghitung laju sedimentasi didaerah kolam labuh Pelabuhan Teluk Ratai adalah meliputi seperti dibawah ini :

- ✓ menghitung besarnya sediment transport awal di lokasi rencana Pelabuhan Teluk Ratai pada kondisi awalnya, sebelum ada model - model pelabuhan yang direncanakan,
- ✓ membuat perkiraan lokasi terjadinya penumpukan material sedimen setelah melihat adanya beberapa model desain Pelabuhan Teluk Ratai,
- ✓ menghitung besarnya sedimentasi/penumpukan sedimen dilokasi yang telah dipilih tadi,
- ✓ menghitung besarnya material sedimen yang masuk ke lokasi kolam labuh, dan
- ✓ memilih diantara beberapa model terpilih itu yang paling kecil kecepatan sedimentasinya.

5.3.1 Menghitung Transportasi Sedimen Awal.

Sebagaimana yang telah ditunjukkan pada bab 4, menurut Tanaka (Pratikto, et.al, 1996) adanya bangunan-bangunan tambahan di pantai

akan mempengaruhi distribusi perpindahan sedimen dilokasi tersebut. Baik bangunan-bangunan itu berupa break water, groin, jetty, dan lain-lainnya. Pada sub-bab ini akan dihitung besarnya laju sedimentasi di lokasi Rencana Pelabuhan Teluk Ratai pada kondisi awal sebelum adanya bangunan-bangunan tambahan, dalam hal ini kolam pelabuhan beserta model-model break waternya.

Perhitungan laju sedimen dilokasi Pelabuhan Teluk Ratai dimulai dengan menghitung longshore current distribution di daerah tersebut.

$$V = \frac{5\pi}{8\sqrt{2}} \cdot \frac{\sin(\varphi_0)}{C_0} \cdot \frac{C}{\sqrt{f_w}} \cdot \gamma \cdot \sqrt{g} \cdot h \cdot m \dots\dots\dots (5.1)$$

dimana diketahui dari data, kondisi perairan Teluk Ratai adalah :

- φ_0 = 45° (arah tenggara)
- H_s = 1.3 meter (periode ulang 5 tahunan)
- T_0 = 6 detik
- m = 0.02

Dengan mengolah data-data utama diatas kita dapat memperoleh data-data tambahan yaitu :

$$\begin{aligned}\lambda_0 &= (g \cdot T^2 / 2\pi) = 1.56 \cdot T^2 = 56.16 \text{ meter} \\ k_0 &= 2\pi / \lambda_0 = 0.11188 \\ C_0 &= \lambda_0 / T_0 = 9.36 \text{ meter/detik}\end{aligned}$$

Dari sini dapat ditentukan pula keadaan gelombang ketika mulai terjadi efek gelombang pecah. Percobaan Munk (SPM, 1984)

menunjukkan cara untuk mengetahui efek gelombang pecah pada suatu perairan, yaitu dengan formulasi seperti yang telah ditulis pada bab 3.

$$\frac{H_b}{H_o'} = \frac{1}{3.3 \left(\frac{H_o'}{\lambda_o} \right)^{\frac{1}{3}}} \dots\dots\dots (5.2)$$

Maka, hasil yang diperoleh dari perhitungan efek gelombang pecah adalah tinggi gelombang pecah, $H_b = 1.38$ meter, dan kedalaman gelombang pecah, $d_b = 1.57$ meter.

Apabila angka-angka tersebut dimasukkan kedalam rumusan diatas (rumus 5.1) maka akan diketahui besarnya distribusi kecepatan longshore current di perairan lokasi rencana Pelabuhan Teluk Ratai. Adapun secara lengkapnya, perhitungan distribusi kecepatan longshore current di perairan Teluk Ratai sebelum adanya tambahan bangunan adalah seperti yang diperlihatkan pada tabel 5.1.

Secara teori mulai kedalaman 1.57 meter, pada jarak 78.5 meter dari garis pantai gelombang telah mulai pecah. Pada kedalaman sebelum itu, belum terjadi efek gelombang pecah sehingga pengaruh gelombang tidak sampai kedasar laut. Akibatnya pada kedalaman sebelum 1.57 meter tersebut tidak terjadi longshore sediment transport, atau dengan kata lain longshore current velocity-nya adalah maksimum, setelah titik tersebut dianggap $V = 0$ (nol). Namun demikian sebetulnya masih terjadi efek transportasi sedimen itu pada kedalaman tersebut. Pada tulisan ini ditetapkan titik batas tersebut pada titik 1.6 meter.

Tabel 5.1
Perhitungan Distribusi Longshore Sediment Current
di Perairan Teluk Ratai pada Kondisi Awal

Y [m]	h [m]	λ [m]	c [m/s]	$\sin \varphi$ [rad]	φ [rad]	n	Ksh	Kr	Hb [m]	Limit H [m]	a ₀ [m]	fw	C	V
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	DIV/0	DIV/0	0,84	DIV/0	0,00	DIV/0	DIV/0	NUM	NUM
5	0,1	5,94	0,99	0,07	0,07	1,00	2,17	0,84	2,38	0,08	0,37	0,10	23,42	0,04
10	0,2	8,40	1,40	0,11	0,11	1,01	1,82	0,84	2,00	0,16	0,53	0,08	28,84	0,11
15	0,3	10,29	1,71	0,13	0,13	1,01	1,64	0,84	1,80	0,24	0,64	0,07	32,01	0,19
20	0,4	11,88	1,98	0,15	0,15	1,02	1,53	0,85	1,68	0,32	0,74	0,06	34,26	0,28
25	0,5	13,28	2,21	0,17	0,17	1,02	1,44	0,85	1,59	0,39	0,83	0,06	36,00	0,39
30	0,6	14,54	2,42	0,18	0,18	1,02	1,37	0,85	1,52	0,47	0,90	0,06	37,43	0,49
35	0,7	15,70	2,62	0,20	0,20	1,03	1,32	0,85	1,46	0,55	0,97	0,05	38,63	0,61
40	0,8	16,78	2,80	0,21	0,21	1,03	1,27	0,85	1,41	0,63	1,04	0,05	39,67	0,73
45	0,9	17,80	2,97	0,22	0,23	1,04	1,24	0,85	1,37	0,71	1,10	0,05	40,59	0,85
50	1	18,75	3,13	0,24	0,24	1,04	1,20	0,85	1,33	0,79	1,16	0,05	41,42	0,98
55	1,1	19,66	3,28	0,25	0,25	1,04	1,17	0,85	1,30	0,87	1,21	0,05	42,16	1,11
60	1,2	20,52	3,42	0,26	0,26	1,05	1,14	0,86	1,27	0,95	1,26	0,05	42,84	1,25
65	1,3	21,35	3,56	0,27	0,27	1,05	1,12	0,86	1,25	1,02	1,31	0,04	43,47	1,38
70	1,4	22,14	3,69	0,28	0,28	1,06	1,10	0,86	1,22	1,10	1,35	0,04	44,05	1,52
75	1,5	22,91	3,82	0,29	0,29	1,06	1,08	0,86	1,20	1,18	1,40	0,04	44,59	1,67
80	1,6	23,64	3,94	0,30	0,30	1,07	1,06	0,86	1,18	1,26	1,44	0,04	45,09	0,00
85	1,7	24,35	4,06	0,31	0,31	1,07	1,04	0,86	1,16	1,34	1,48	0,04	45,57	—
90	1,8	25,04	4,17	0,31	0,32	1,07	1,02	0,86	1,15	1,42	1,52	0,04	46,01	—
95	1,9	25,71	4,28	0,32	0,33	1,08	1,01	0,86	1,13	1,50	1,59	0,04	46,44	—

Kemudian dengan menggunakan hasil perhitungan distribusi Longshore Sediment Current di Perairan Teluk Ratai diatas, maka dibuat perhitungan kecepatan sedimen transpor. Data-data pendukung yang diperlukan adalah :

- $D_{50} = 2.50 \times 10^{-5} \text{ m} = 25 \text{ } \mu\text{m}$
- $D_{90} = 2.00 \times 10^{-4} \text{ m} = 200 \text{ } \mu\text{m}$
- $\rho_{\text{air}} = 1025 \text{ kg/m}^3$
- $\rho_s = 2866 \text{ kg/m}^3$
- $w = 2.57 \times 10^{-4} \text{ m/sc.}$
- $\kappa = 0.4$ (koeffisien Von Karman)

Hasil selengkapnya perhitungan Longshore Sediment Transport adalah seperti yang terlihat pada tabel 5.2. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan paket program Microsoft Excel, kecuali untuk perhitungan besarnya Q adalah dengan bahasa program Pascal.

Tabel 5.2
Perhitungan Longshore Sediment Transport

Y	h	Hb	a _o	z	r/h	Sb	Q	S	f _s	S*f _s
0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#NUM!	#DIV/0!	#NUM!	---	---	1	#VALUE!
5	0,1	2,38	0,37	0,0105	6,00E-01	5,5E-07	0,536	1,093E-06	4	4,37E-06
10	0,2	2,00	0,53	0,0083	3,00E-01	1,3E-06	2,093	6,475E-06	2	1,29E-05
15	0,3	1,80	0,64	0,0072	2,00E-01	2,2E-06	3,836	1,766E-05	4	7,07E-05
20	0,4	1,68	0,74	0,0064	1,50E-01	3,1E-06	5,7	3,557E-05	2	7,11E-05
25	0,5	1,59	0,83	0,0059	1,20E-01	4,1E-06	7,654	6,087E-05	4	2,43E-04
30	0,6	1,52	0,90	0,0054	1,00E-01	5E-06	9,683	9,413E-05	2	1,88E-04
70	0,7	1,46	0,97	0,0051	8,57E-02	6E-06	11,773	1,358E-04	4	5,43E-04
40	0,8	1,41	1,04	0,0047	7,50E-02	7E-06	13,914	1,862E-04	2	3,72E-04
45	0,9	1,37	1,10	0,0045	6,67E-02	8,1E-06	16,089	2,456E-04	4	9,83E-04
50	1	1,33	1,16	0,0042	6,00E-02	9,1E-06	18,33	3,149E-04	2	6,30E-04
55	1,1	1,30	1,21	0,0040	5,45E-02	1E-05	20,615	3,940E-04	4	1,58E-03
60	1,2	1,27	1,26	0,0038	5,00E-02	1,1E-05	22,894	4,823E-04	2	9,65E-04
65	1,3	1,25	1,31	0,0037	4,62E-02	1,2E-05	25,187	5,804E-04	4	2,32E-03
70	1,4	1,22	1,35	0,0035	4,29E-02	1,3E-05	27,546	6,896E-04	2	1,38E-03
75	1,5	1,20	1,40	0,0034	4,00E-02	1,5E-05	29,959	8,102E-04	4	3,24E-03
80	1,6	1,18	1,44	#DIV/0!	3,75E-02	#DIV/0!	32,376	#DIV/0!	1	0,00E+00

$$\Sigma = 1,26E-02$$

$$S = 2,10E-02$$

Dengan melihat tabel 5.2 diatas diketahui bahwa total transport adalah sebesar : $2.10 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{dtk}$. Sehingga untuk jangka waktu perhitungan longshore sediment transport selama satu tahun dengan kondisi parameter gelombang sebagaimana diketahui yaitu :

$$\lambda_0 = 56.16 \text{ meter,}$$

$$H_0 = 1.30 \text{ meter,}$$

$$T_0 = 6 \text{ detik, dan}$$

$$\text{frek.} = 9.6 \% \text{ (angin dari arah tenggara),}$$

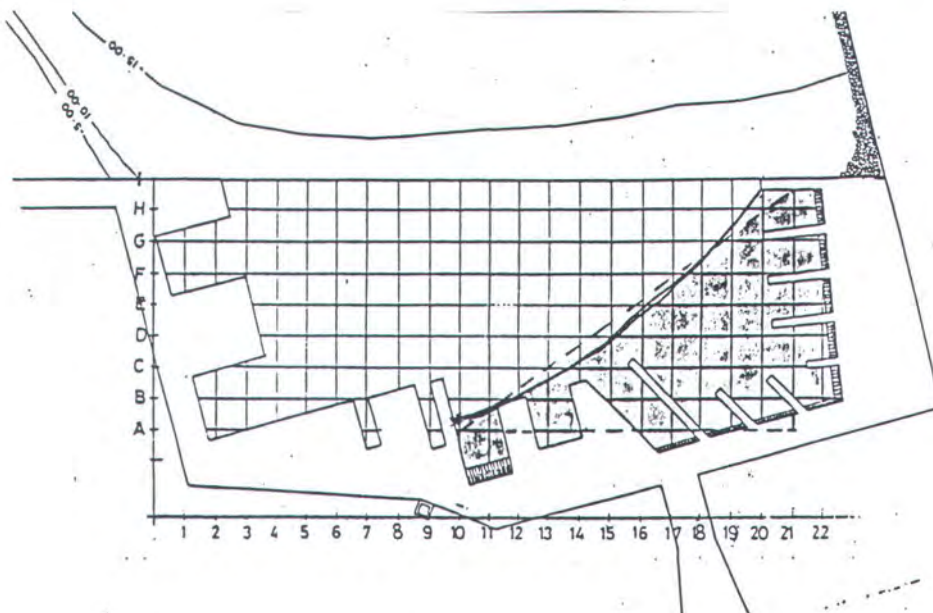
maka kita dapat menentukan total transport untuk jangka waktu tersebut adalah :

$$\begin{aligned} S_{\text{Total}} &= S * 365_{(\text{hari})} * 24_{(\text{jam})} * 60_{(\text{menit})} * 60_{(\text{detik})} * 0.096_{(\text{frek})} \\ &= 63579,06 \text{ m}^3/\text{tahun}. \end{aligned}$$

5.3.2 Menghitung Sedimentasi pada Model Tanpa Break Water.

Model kolam labuh tanpa break water seperti yang terlihat pada gambar 5.1 diatas mempunyai bentuk terbuka langsung kearah laut / arah gelombang datang. Mengingat arah littoral drift terutama dari arah Timur / Tenggara sebagaimana yang telah diketahui dari hasil pengamatan (lihat foto 1.1 dan 1.2).

Dengan kondisi yang seperti ini maka model pelabuhan seperti ini akan rawan terjadi sedimentasi pada bagian kolam labuh sisi barat, lebih detail dapat dilihat pada gambar 5.5 dibawah ini.



Gambar 5.5 Daerah Sedimentasi Model Pelabuhan tanpa Break Water



Daerah yang riskan terjadi sedimentasi adalah bagian yang digelapkan. Luas daerah yang dibatasi sisi luar kurva yang menghubungkan titik A10 dengan I20 tersebut didekati oleh luasan segitiga (lihat pada gambar). Luas daerah sedimentasi (L_{DS}) adalah :

$$\begin{aligned} L_{DS} &= 0.5 (\text{alas} \times \text{tinggi}) \\ &= 0.5 (11_{SKALA} \times 7.5_{SKALA}) = 41.25 \text{ Skala luas} \\ 1 \text{ (satu) skala luas} &= 60 \text{ m} \times 60 \text{ m} = 3600 \text{ m}^2, \text{ jadi} \\ L_{DS} &= 41.25 \times 3600 \\ &= 148500 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

Bila dianggap penyebaran sedimentasi merata pada daerah tersebut yang mempunyai kedalaman dari 8 meter sampai dengan 12 meter, maka akan terjadi kecepatan pendangkalan (V_s) di daerah ini sebesar :

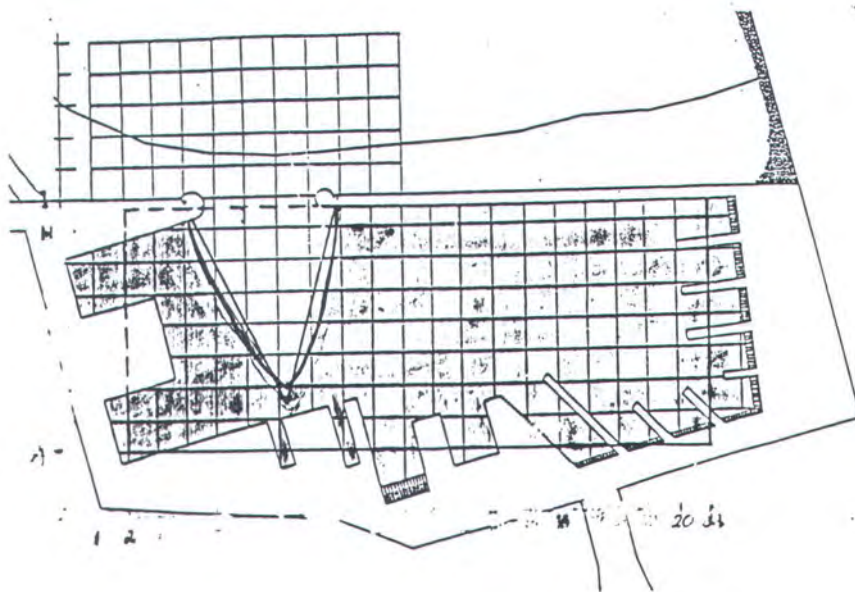
$$\begin{aligned} V_s &= S_{Total} / L_{DS} \\ &= 63579.06 / 148500 \\ &= 0.43 \text{ meter / tahun} \end{aligned}$$

5.3.3 Menghitung Sedimentasi pada Model Dengan Break Water.

Model yang kedua ini mempunyai pintu masuk kapal ke pelabuhan yang terbuka ke arah laut/ gelombang datang. Kedalam pada pintu masuk ini adalah 13 meter (lihat gambar 5.2). Arah littoral drift sama sebagaimana pada model sebelumnya.

Dengan kondisi semacam ini maka sedimentasi akan menyebar ke dalam kolam labuh. Hal ini dimungkinkan karena pada pintu masuk ke

kolam pelabuhan terjadi arus yang cukup deras akibat pengaruh gelombang dari tenggara. Akibatnya material sedimen yang terangkut dari arah timur ikut terangkut oleh arus ini. Arah penyebaran sedimentasi adalah kearah barat dan sebagian sedimen terangkut ke timur di dalam kolam pelabuhan. Pada sisi luar daerah sedimentasi ini membentuk garis yang paralel terhadap puncak gelombang yang mengalami perubahan arah setelah melalui pintu masuk pelabuhan. Proses sedimentasi dimungkinkan akan terjadi pada daerah yang digelapkan seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.6 dibawah ini.



Gambar 5.6 Daerah Sedimentasi
Model Pelabuhan dengan Break Water

Daerah sedimentasi pada kasus didekati dengan luas segiempat yang mempunyai titik sudut A2, A21, H21* dan H2* kemudian dikurangi luasan segitiga bertitik sudut B7*, H4*, dan H9* , yaitu sebesar :

$$\begin{aligned}L_{DS} &= \text{Luas segiempat} - \text{luas segitiga} \\&= (\text{panjang} \times \text{lebar}) - 0.5 (\text{alas} \times \text{tinggi}) \\&= (19_{\text{SKALA}} \times 7.5_{\text{SKALA}}) - 0.5 (5_{\text{SKALA}} \times 6_{\text{SKALA}}) \\&= (142.5 - 15) \text{ skala luas} \\&= 127.5 \text{ skala luas}\end{aligned}$$

$$1 \text{ (satu) skala luas} = 60 \text{ m} \times 60 \text{ m} = 3600 \text{ m}^2, \text{ jadi}$$

$$\begin{aligned}L_{DS} &= 127.5 \times 3600 \\&= 459000 \text{ m}^2.\end{aligned}$$

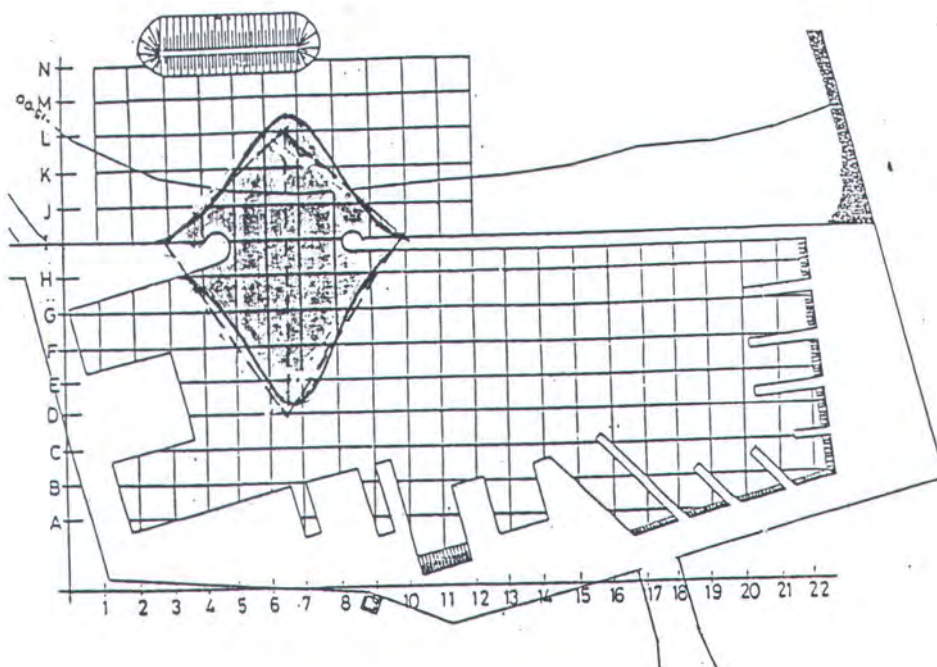
Bila penyebaran sedimentasi dianggap merata kesegala arah maka akan terjadi kecepatan pendangkalan (V_s) di daerah ini sebesar :

$$\begin{aligned}V_s &= S_{\text{Total}} / L_{DS} \\&= 63579.06 / 459000 \\&= 0.14 \text{ meter / tahun}\end{aligned}$$

5.3.4 Menghitung Sedimentasi pada Model Dengan Detach Break Water.

Model kolam labuh dengan detach break water (gambar 5.3) ini mampu mengurangi pengaruh gelombang dari arah laut/gelombang datang dari tenggara. Sehingga tinggi gelombang di dalam kolam labuh jauh lebih rendah dibandingkan dengan kedua model sebelumnya. Untuk kondisi persoalan yang sama sebagaimana dua model sebelumnya, maka sedimentasi akan terjadi di daerah belakang detach break water. Pada kondisi biasa (dibelakang detach break water tidak ada diskontinyu garis pantai) akan timbul tembolo di garis pantai dibelakang break water yang

berkembang terus ke arah break water. Tetapi karena adanya perubahan garis pantai secara mendadak, yaitu berupa pintu masuk ke kolam labuh, maka sedimentasi akan terjadi menyebar di belakang break water sampai kedalam kolam pelabuhan. Daerah yang kemungkinan besar terjadi proses sedimentasi adalah seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.7.



Gambar 5.7 Daerah Sedimentasi
Model Pelabuhan dengan Detach Break Water

Luas daerah sedimentasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 5.7 diatas bisa didekati dengan luas suatu belah ketupat yang memiliki titik sudut pada I3, D6, I10, dan L6, yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_{DS} &= \text{Luas Belah ketupat} \\ &= 0.5 \text{ (diagonal panjang } \times \text{ diagonal lebar)} \\ &= 0.5 \text{ (} 8_{\text{SKALA}} \times 7_{\text{SKALA}} \text{)} \\ &= 28 \text{ skala luas} \end{aligned}$$

1 (satu) skala luas = $60 \text{ m} \times 60 \text{ m} = 3600 \text{ m}^2$, jadi

$$\begin{aligned} L_{Ds} &= 28 \times 3600 \\ &= 100800 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

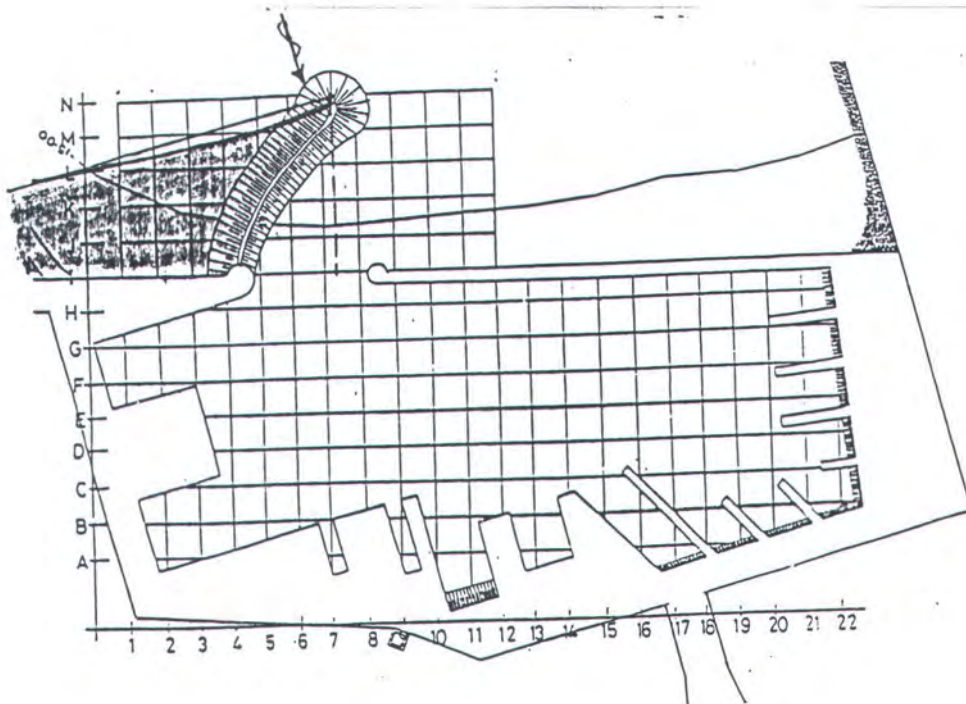
Untuk sedimen yang terangkut sebesar $63579,06 \text{ m}^3/\text{tahun}$ dan kemungkinan partikel sedimen menyebar ke arah lain 20 % di dalam kolam labuh, maka kecepatan pendangkalan (V_s) di daerah ini adalah :

$$\begin{aligned} V_s &= 80 \% (S_{\text{Total}} / L_{Ds}) \\ &= 0.8 (63579.06 / 100800) \\ &= 0.50 \text{ meter / tahun} \end{aligned}$$

5.3.5 Menghitung Sedimentasi pada Model Dengan Onshore Break Water.

Model kolam labuh ini (gambar 5.4) mempunyai kemampuan mengurangi tinggi gelombang di dalam kolam labuh yang lebih baik lagi dibandingkan dengan ketiga model sebelumnya. Disamping itu, model kolam labuh dengan onshore break water ini mempunyai *performance* yang berbeda dibandingkan ketiga model sebelumnya.

Pada model ini, sedimentasi terutama terjadi pada daerah sebelah barat onshore break water. Sedimentasi bergerak ke arah luar sampai membentuk kesetimbangan yaitu saat garis sedimen terbentuk paralel dengan puncak gelombang. Daerah yang dimungkinkan mengalami sedimentasi adalah bagian yang digelapkan seperti yang terlihat pada gambar 5.8 seperti yang terlihat dibawah ini.



Gambar 5.8 Daerah Sedimentasi
Model Pelabuhan dengan Onshore Break Water

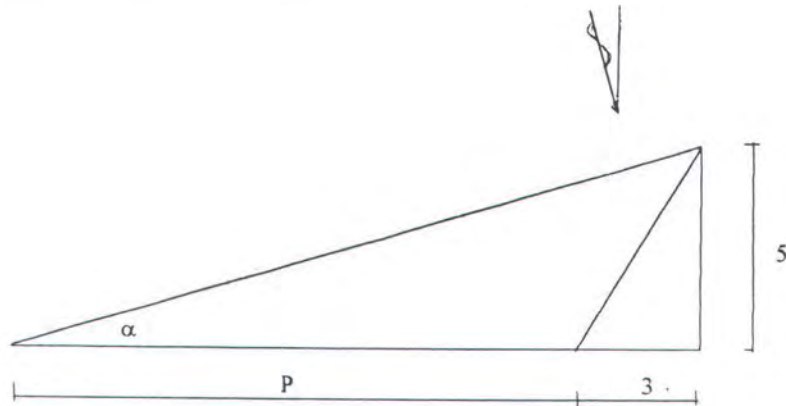
Luas daerah sedimentasi tersebut didekati dengan luas segitiga yang memiliki karakteristik sebagai berikut :

alas = P skala

tinggi = 5 skala

$\alpha = 16^\circ$ (sudut antara sisi miring terhadap alas = sudut antara arah gelombang datang dengan garis tegak lurus terhadap alas).

Untuk lebih memudahkan penggambaran daerah segitiga tersebut akan diilustrasikan seperti yang terlihat dibawah ini.



Harga P didapatkan dengan :

$$\tan \alpha = \frac{5}{P + 3} = 0.287$$

$$P + 3 = \frac{5}{0.287} = 17.42$$

$$P = 14.42 \text{ skala,}$$

Maka luas daerah yang mungkin mengalami sedimentasi adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_{Ds} &= \text{Luas segitiga} \\ &= 0.5 (\text{alas} \times \text{tinggi}) \\ &= 0.5 (14.42 \text{ SKALA} \times 5 \text{ SKALA}) \\ &= 36.05 \text{ skala luas} \end{aligned}$$

$$1 \text{ (satu) skala luas} = 60 \text{ m} \times 60 \text{ m} = 3600 \text{ m}^2, \text{ jadi}$$

$$\begin{aligned} L_{Ds} &= 36.05 \times 3600 \\ &= 129780 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

Untuk sedimen yang terangkut sebesar 63579,06 m³/tahun, maka didapatkan kecepatan pendangkalan (Vs) di daerah ini adalah :

$$\begin{aligned}V_s &= S_{\text{Total}} / L_{DS} \\&= 63579.06 / 129780 \\&= 0.49 \text{ meter / tahun}\end{aligned}$$

5.4 PEMBAHASAN

Ada beberapa perbedaan diantara hasil-hasil perhitungan sedimen transpor dengan Bijker formula terhadap hasil simulasi model matematika. Pada simulasi model matematika, D_{50} yang digunakan antara 0.05 sampai dengan 0.1 mm yang menghasilkan sedimentasi sebesar 86000 m³/tahun didalam kolam labuh dan access channel.

Sedang perhitungan yang dilakukan dengan formulasi Bijker menghasilkan sedimentasi sebesar 63579.06 m³/tahun (74 % terhadap hasil simulasi model matematika) dilakukan pada $D_{50} = 25 \mu\text{m}$ (= 0.025 mm). Dari sini dapat kita ketahui ada perbedaan input data yang digunakan mengenai ukuran butir partikel. Hal-hal lainnya yang menimbulkan perbedaan itu juga dikarenakan kesalahan pada masing-masing metode yang digunakan., Misalnya didalam perhitungan dengan Bijker formula, metode pengintegrasian untuk mendapatkan harga Q dan S total adalah dengan menggunakan metode numerik (Simpson rule), sehingga tentu ada kesalahan - kesalahan akibat perhitungan didalamnya bila dibandingkan dengan pengintegrasian secara langsung.

Dalam tulisan ini digunakan sedimen transort hasil perhitungan dengan formulasi Bijker. Adapun hasil perhitungan itu diasumsikan

semuanya mengalami sedimentasi di kolam labuh dan sekitarnya, karena dengan adanya bangunan pelabuhan itu maka kedalaman tepi pantai mengalami perubahan yang mendadak, yaitu pada garis tepi pantai sedalam 13 meter. Adapun layout yang dipilih akan dituliskan pada kesimpulan (Bab 6)

Perbedaan lainnya dari dari segi input data lingkungan, terlihat bahwa tinggi gelombang hasil pengamatan berbeda dibandingkan dengan hasil perhitungan tinggi gelombang karena angin dengan Fetch effective. Tinggi gelombang hasil pengamatan tahunan, adalah $H_{max} = 90$ cm dan $H_s = 40 - 50$ cm. Sedang hasil perhitungan tinggi gelombang karena angin dengan fetch effective didapatkan $H_s = 1.21$ meter (dari arah tenggara). Namun demikian pada tulisan ini digunakan hasil perhitungan gelombang karena angin untuk periode ulang 5 tahunan, yaitu $H_s = 1.3$ meter. Dasar pengambilan tinggi gelombang $H_s = 1.30$ meter ini disamping untuk faktor keamanan juga karena tinggi gelombang 1.30 meter inilah yang dipakai pada pengujian penetrasi gelombang test model kolam labuh lantamal Teluk Ratai. Sehingga hasil-hasil pengujian dari test model kolam labuh ini dapat dijadikan referensi data secara langsung.

Dan siapakah yang lebih baik perkataannya daripada orang yang menyeru (manusia) kepada (agama) Allah, dan mengerjakan amal yang saleh dan berkata sesungguhnya aku termasuk orang-orang yang berserah diri

(Al - Fushshilat 33)



BAB VI

P E N U T U P

BAB 6

PENUTUP

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya maka dapat diambil kesimpulan antara lain :

1. Tinggi gelombang datang adalah kecil, sehingga daerah gelombang pecah, *breaker zone*, di perairan Teluk Ratai termasuk tidak begitu luas. Daerah ini hanya meliputi sejauh \pm 80 meter dari garis pantai.
2. Kenyataan diatas berakibat jumlah longshore sediment yang terangkut di littoral zone - pun juga kecil.
3. Model pelabuhan tanpa break water (model ke -1) mempunyai kekurangan - kekurangan diantaranya kecepatan sedimentasi di kolam pelabuhan sisi barat sebesar 0.43 meter / tahun. Disamping itu karena posisinya terbuka kearah laut, maka tinggi gelombang didalam kolam pelabuhan masih cukup tinggi. Bahkan di dekat tempat sandaran kapal tinggi gelombang mencapai 175 % dari gelombang datang.
4. Model kolam pelabuhan dengan break water (model ke - 2) walaupun sedimentasi bisa menyebar di dalam kolam pelabuhan dengan kecepatan pendangkalan 0.14 meter / tahun

akan tetapi tinggi gelombang di dekat pintu masuk pelabuhan cukup tinggi sekitar 70 % sampai dengan 100 % terhadap tinggi gelombang datang.

5. Model kolam labuh dengan Detach Break water (model ke - 3) bila ditinjau dari segi kemampuannya untuk mengurangi tinggi gelombang di dalam kolam pelabuhan cukup bagus yaitu dengan tinggi gelombang 10 % sampai dengan 30 % terhadap gelombang datang di dalam kolam pelabuhan dan 50 % sampai 100 % terhadap gelombang datang di depan pintu masuk pelabuhan. Akan tetapi ada kelemahannya yaitu bahwa sedimentasi akan terjadi lebih memusat bahkan disekitar pintu masuk pelabuhan dengan pertumbuhan 0.50 meter / tahun, Keadaan ini tentu perlu dipertimbangkan dengan masak.
6. Model kolam labuh dengan Onshore Break Water (model ke- 4) mempunyai keistimewaan yaitu dengan terjadinya sedimentasi diluar pelabuhan yang pertumbuhannya hampir sama dengan model lainnya, kecuali dengan model ke-2 yaitu sebesar 0.49 meter/tahun. Kemampuan untuk mengurangi tinggi gelombang di dalam kolam pelabuhanpun juga cukup tinggi yaitu tinggi gelombang di kolam labuh hanya sekitar 10 % sampai dengan 30 % terhadap gelombang datang.

6.2 SARAN

Untuk pengembangan lebih lanjut dari Tugas Akhir ini penulis mempunyai beberapa catatan :

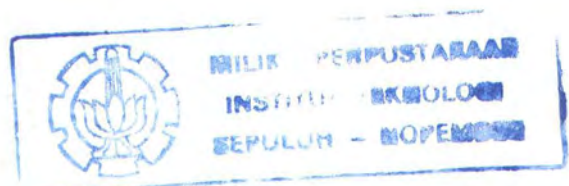
1. Dari keempat model yang telah dilakukan pengamatan maka disini penulis menyarankan untuk menggunakan model kolam labuh yang ke-4 (Model Kolam Labuh dengan Onshore Break Water) di dalam rencana pembangunan Pelabuhan Teluk Ratai. Pertimbangan yang dijadikan acuan bagi penulis untuk memberi saran tersebut adalah :

- laju sedimentasi untuk ketiga model lainnya hampir sama (kecuali model ke-2) yaitu sekitar 0.5 meter/tahun, akan tetapi model ke-4 ini mempunyai keistimewaan yakni daerah sedimentasi terjadi diluar areal kolam pelabuhan. Kondisi ini sangat menguntungkan saat dilakukan pengerukan material sedimen, karena proses pengerukan tidak akan terlalu mengganggu aktifitas pelabuhan, dan
- tinggi gelombang di daerah kolam pelabuhan dan sekitar pintu masuk pelabuhan juga termasuk paling kecil dibandingkan dengan ketiga model yang lainnya, sehingga kolam pelabuhan bisa dikatakan cukup tenang.

2. Dalam melakukan perhitungan kecepatan sedimentasi berkaitan dengan perubahan bentuk-bentuk / discontinue garis pantai dengan adanya bangunan-bangunan pantai maka diperlukan metode yang lebih sesuai.
3. Diperlukan data-data yang lebih akurat untuk mendapatkan hasil perhitungan yang lebih sesuai dengan kenyataan yang terjadi.



DAFTAR PUSTAKA



DAFTAR PUSTAKA

1. Dolan, R. & Fisher, J.S., "*Beach Processes & Coastal Hydrodynamics*", University of Virginia, Dowden, Huchington & Ross, Inc., Stroudsburg, Pennsylvania, 1964.
2. Friedman, et.al., "*Principles of Sedimentology*", John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1978.
3. Komar, P.D., "*Beach Processes and Sedimentation*", School of Oceanography Oregon State University, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1976.
4. Laboratorium Pengkajian Teknik Pantai (LPTP), "*Tes Model Kolam Labuh Pangkalan Utama TNI-AL Teluk Rata*", Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta, 1996.
5. Nur Yuwono, "*Teknik Pantai Volume I*", Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil, FT - UGM, Yogyakarta, 1986.
6. Pratikto, et.al., "*Perencanaan Fasilitas Pantai dan Lautan*", Kerjasama Segitiga Biru, Jurusan Teknik Kelautan, FTK - ITS, Surabaya, 1996.
7. Sorensen, R.M., "*Basic Coastal Engineering*", John Wiley & Sons, New York, 1976.
8. U.S. Army Corp Engineering, "*Shore Protection Manual*", 4th ed. Vol I dan Vol II, Mississippi, 1984.
9. Van der Velden, E.T.J.M., "*Coastal Engineering*", Delft University of Technology, Delft, 1989.



LAMPIRAN A

LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

Jumlah jam tak berangin	=	79
Jumlah jam tak tercatat	=	1
Jumlah jam kejadian	=	720

LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

Persentase kejadian berangin	=	88,889
Persentase kejadian tak berangin	=	10,972
Persentase kejadian tak tercatat	=	0,139
Persentase kejadian TOTAL	=	100,000

FREKWENSI ARAH DAN KECEPATAN ANGIN
BULAN JULI 1987
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	71	----	----	----	----	----	71
Utara	----	13	10	0	0	0	23
Timur Laut	----	18	24	11	6	2	61
Timur	----	17	29	33	30	23	132
Tenggara	----	17	39	20	14	8	98
Selatan	----	26	54	51	27	32	190
Barat Daya	----	11	36	7	7	0	61
Barat	----	23	29	20	9	5	86
Barat Laut	----	16	5	1	0	0	22
TOTAL	71	141	226	143	93	70	744
Jumlah jam tak berangin				=	71		
Jumlah jam tak tercatat				=	0		
Jumlah jam kejadian				=	744		

PERSENTASE ARAH DAN KECEPATAN ANGIN
BULAN JULI 1987
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	9,543	----	----	----	----	----	9,543
Utara	----	1,747	1,344	0,000	0,000	0,000	3,091
Timur Laut	----	2,419	3,226	1,478	0,806	0,269	8,199
Timur	----	2,285	3,898	4,435	4,032	3,091	17,742
Tenggara	----	2,285	5,242	2,688	1,882	1,075	13,172
Selatan	----	3,495	7,258	6,855	3,629	4,301	25,538
Barat Daya	----	1,478	4,839	0,941	0,941	0,000	8,199
Barat	----	3,091	3,898	2,688	1,210	0,672	11,559
Barat Laut	----	2,151	0,672	0,134	0,000	0,000	2,957
TOTAL	9,543	18,952	30,376	19,220	12,500	9,409	100,000
Persentase kejadian berangin				=	90,457		
Persentase kejadian tak berangin				=	9,543		
Persentase kejadian tak tercatat				=	0,000		
Persentase kejadian TOTAL				=	100,000		

LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

Jumlah jam tak berangin	=	135
Jumlah jam tak tercatat	=	0
Jumlah jam kejadian	=	744

LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

Persentase kejadian berangin	=	81,855
Persentase kejadian tak berangin	=	18,145
Persentase kejadian tak tercatat	=	0,000
Persentase kejadian TOTAL	=	100,000

WENSI ARAH DAN KECEPATAN ANGIN

BULAN SEPTEMBER 1987

LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	119	----	----	----	----	-----	119
Utara	----	50	90	19	5	1	165
Timur Laut	----	29	25	13	3	0	70
Timur	----	40	30	13	2	0	85
Tenggara	----	10	25	5	2	0	42
Selatan	----	26	15	10	5	0	56
Barat Daya	----	22	33	10	0	0	65
Barat	----	29	33	20	3	0	85
Barat Laut	----	19	20	13	4	0	56
TOTAL	119	225	271	103	24	1	743

	Jumlah jam tak berangin
--	-------------------------

119

Jumlah jam tak tercatat

$$= 1$$

Jumlah jam kejadian

744

PERSENTASE ARAH DAN KECEPATAN ANGIN

BULAN SEPTEMBER 1987

LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	15,995	----	----	----	----	----	15,995
Utara	----	6,720	12,097	2,554	0,672	0,134	22,177
Timur Laut	----	3,898	3,360	1,747	0,403	0,000	9,409
Timur	----	5,376	4,032	1,747	0,269	0,000	11,425
Tenggara	----	1,344	3,360	0,672	0,269	0,000	5,645
Selatan	----	3,495	2,016	1,344	0,672	0,000	7,527
Barat Daya	----	2,957	4,435	1,344	0,000	0,000	8,737
Barat	----	3,898	4,435	2,688	0,403	0,000	11,425
Barat Laut	----	2,554	2,688	1,747	0,538	0,000	7,527
TOTAL	15,995	30,242	36,425	13,844	3,226	0,134	99,866

Persentase kejadian berangin	=	83,871
------------------------------	---	--------

83,871	
--------	--

Persentase kejadian tak berangin = 15,995

n = 15,995

Persentase kejadian tak tercatat

$$= 0,134$$

Persentase kejadian TOTAL

= 100,000

WENSI ARAH DAN KECEPATAN ANGIN
BULAN OKTOBER 1987
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	156	-----	-----	-----	-----	-----	156
Utara	-----	0	0	0	0	0	0
Timur Laut	-----	13	11	3	0	0	27
Timur	-----	8	4	0	0	0	12
Tenggara	-----	75	69	41	5	0	190
Selatan	-----	24	41	30	14	2	111
Barat Daya	-----	55	50	14	3	0	122
Barat	-----	71	54	1	0	0	126
Barat Laut	-----	0	0	0	0	0	0
TOTAL	156	246	229	89	22	2	744
	Jumlah jam tak berangin		=	156			
	Jumlah jam tak tercatat		=	0			
	Jumlah jam kejadian		=	744			

NTASE ARAH DAN KECEPATAN ANGIN
BULAN OKTOBER 1987
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	20,968	-----	-----	-----	-----	-----	20,968
Utara	-----	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Timur Laut	-----	1,747	1,478	0,403	0,000	0,000	3,629
Timur	-----	1,075	0,538	0,000	0,000	0,000	1,613
Tenggara	-----	10,081	9,274	5,511	0,672	0,000	25,538
Selatan	-----	3,226	5,511	4,032	1,882	0,269	14,919
Barat Daya	-----	7,392	6,720	1,882	0,403	0,000	16,398
Barat	-----	9,543	7,258	0,134	0,000	0,000	16,935
Barat Laut	-----	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TOTAL	20,968	33,065	30,780	11,962	2,957	0,269	100,000
Persentase kejadian berangin = 79,032 Persentase kejadian tak berangin = 20,968 Persentase kejadian tak tercatat = 0,000 Persentase kejadian TOTAL = 100,000							

FREKWENSI ARAH DAN KECEPATAN ANGIN
BULAN NOPEMBER 1987
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

ARAH	KECEPATAN (Knot)						TOTAL
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	
	96	----	----	----	----	----	96
Utara	----	0	1	0	2	0	3
Timur Laut	----	1	4	4	4	0	13
Timur	----	1	0	0	1	0	2
Tenggara	----	8	25	9	4	0	46
Selatan	----	12	43	65	36	4	160
Barat Daya	----	58	83	61	36	2	240
Barat	----	40	81	15	4	3	143
Barat Laut	----	8	6	1	2	0	17
TOTAL	96	128	243	155	89	9	720
Jumlah jam tak berangin		=	96				
Jumlah jam tak tercatat		=	0				
Jumlah jam kejadian		=	720				

PERSENTASE ARAH DAN KECEPATAN ANGIN
BULAN NOPEMBER 1987
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

ARAH	KECEPATAN (Knot)						TOTAL
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	
	13,333	----	----	----	----	----	13,333
Utara	----	0,000	0,139	0,000	0,278	0,000	0,417
Timur Laut	----	0,139	0,556	0,556	0,556	0,000	1,806
Timur	----	0,139	0,000	0,000	0,139	0,000	0,278
Tenggara	----	1,111	3,472	1,250	0,556	0,000	6,389
Selatan	----	1,667	5,972	9,028	5,000	0,556	22,222
Barat Daya	----	8,056	11,528	8,472	5,000	0,278	33,333
Barat	----	5,556	11,250	2,083	0,556	0,417	19,861
Barat Laut	----	1,111	0,833	0,139	0,278	0,000	2,361
TOTAL	13,333	17,778	33,750	21,528	12,361	1,250	100,000
Persentase kejadian berangin		=	86,667				
Persentase kejadian tak berangin		=	13,333				
Persentase kejadian tak tercatat		=	0,000				
Persentase kejadian TOTAL		=	100,000				

FREKWENSI ARAH DAN KECEPATAN ANGIN
BULAN DESEMBER 1987
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

ARAH	KECEPATAN (Knot)						TOTAL
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	
	110	-----	-----	-----	-----	-----	110
Utara	-----	22	13	12	3	1	51
Timur Laut	-----	12	9	8	6	0	35
Timur	-----	16	14	12	4	0	46
Tenggara	-----	26	18	15	4	1	64
Selatan	-----	15	25	27	4	5	76
Barat Daya	-----	22	26	22	11	5	86
Barat	-----	70	44	43	25	24	206
Barat Laut	-----	23	19	14	12	2	70
TOTAL	110	206	168	153	69	38	744
Jumlah jam tak berangin				=	110		
Jumlah jam tak tercatat				=	0		
Jumlah jam kejadian				=	744		

PERSENTASE ARAH DAN KECEPATAN ANGIN
BULAN DESEMBER 1987
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

ARAH	KECEPATAN (Knot)						TOTAL
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	
	14,785	-----	-----	-----	-----	-----	14,785
Utara	-----	2,957	1,747	1,613	0,403	0,134	6,855
Timur Laut	-----	1,613	1,210	1,075	0,806	0,000	4,704
Timur	-----	2,151	1,882	1,613	0,538	0,000	6,183
Tenggara	-----	3,495	2,419	2,016	0,538	0,134	8,602
Selatan	-----	2,016	3,360	3,629	0,538	0,672	10,215
Barat Daya	-----	2,957	3,495	2,957	1,478	0,672	11,559
Barat	-----	9,409	5,914	5,780	3,360	3,226	27,688
Barat Laut	-----	3,091	2,554	1,882	1,613	0,269	9,409
TOTAL	14,785	27,688	22,581	20,565	9,274	5,108	100,000
Persentase kejadian berangin				=	85,215		
Persentase kejadian tak berangin				=	14,785		
Persentase kejadian tak tercatat				=	0,000		
Persentase kejadian TOTAL				=	100,000		

ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	151	----	----	----	----	----	151
Utara	----	11	14	15	14	7	61
Timur Laut	----	12	9	7	9	6	43
Timur	----	10	5	11	12	9	47
Tenggara	----	25	19	14	4	0	62
Selatan	----	7	13	17	6	1	44
Barat Daya	----	30	22	13	11	4	80
Barat	----	49	39	37	23	21	169
Barat Laut	----	30	12	14	14	11	81
TOTAL	151	174	133	128	93	59	738
	Jumlah jam tak berangin		=	151			
	Jumlah jam tak tercatat		=	6			
	Jumlah jam kejadian		=	744			

ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	20,296	-----	-----	-----	-----	-----	20,296
Utara	-----	1,478	1,882	2,016	1,882	0,941	8,199
Timur Laut	-----	1,613	1,210	0,941	1,210	0,806	5,780
Timur	-----	1,344	0,672	1,478	1,613	1,210	6,317
Tenggara	-----	3,360	2,554	1,882	0,538	0,000	8,333
Selatan	-----	0,941	1,747	2,285	0,806	0,134	5,914
Barat Daya	-----	4,032	2,957	1,747	1,478	0,538	10,753
Barat	-----	6,586	5,242	4,973	3,091	2,823	22,715
Barat Laut	-----	4,032	1,613	1,882	1,882	1,478	10,887
TOTAL	20,296	23,387	17,876	17,204	12,500	7,930	99,194
Persentase kejadian berangin = 78,898 Persentase kejadian tak berangin = 20,296 Persentase kejadian tak tercatat = 0,806 Persentase kejadian TOTAL = 100,000							

$$\frac{1}{2} \leq \beta$$

ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	29,741	----	----	----	----	----	29,741
Utara	----	1,437	3,017	1,868	1,149	0,000	7,471
Timur Laut	----	2,299	4,310	1,868	0,718	0,000	9,195
Timur	----	3,879	3,879	1,437	0,718	0,144	10,057
Tenggara	----	1,006	3,161	1,868	0,287	0,000	6,322
Selatan	----	3,017	3,161	1,724	1,868	0,000	9,770
Barat Daya	----	0,144	0,718	1,437	1,006	0,144	3,448
Barat	----	6,034	6,897	4,023	1,437	0,575	18,966
Barat Laut	----	2,155	2,011	0,862	0,000	0,000	5,029
TOTAL	29,741	19,971	27,155	15,086	7,184	0,862	100,000
Persentase kejadian berangin = 70,259 Persentase kejadian tak berangin = 29,741 Persentase kejadian tak tercatat = 0,000 Persentase kejadian TOTAL = 100,000							

FREKWENSI ARAH DAN KECEPATAN ANGIN
BULAN MARET 1988
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	176	----	----	----	----	----	176
Utara	----	10	21	21	15	0	67
Timur Laut	----	9	17	8	9	2	45
Timur	----	5	23	9	2	0	39
Tenggara	----	4	20	13	3	1	41
Selatan	----	19	46	29	11	4	109
Barat Daya	----	5	22	23	7	17	74
Barat	----	15	40	50	23	12	140
Barat Laut	----	8	19	16	4	6	53
TOTAL	176	75	208	169	74	42	744
	Jumlah jam tak berangin	=		176			
	Jumlah jam tak tercatat	=		0			
	Jumlah jam kejadian	=		744			

PERSENTASE ARAH DAN KECEPATAN ANGIN
BULAN JANUARI 1988
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	23,656	-----	-----	-----	-----	-----	23,656
Utara	-----	1,344	2,823	2,823	2,016	0,000	9,005
Timur Laut	-----	1,210	2,285	1,075	1,210	0,269	6,048
Timur	-----	0,672	3,091	1,210	0,269	0,000	5,242
Tenggara	-----	0,538	2,688	1,747	0,403	0,134	5,511
Selatan	-----	2,554	6,183	3,898	1,478	0,538	14,651
Barat Daya	-----	0,672	2,957	3,091	0,941	2,285	9,946
Barat	-----	2,016	5,376	6,720	3,091	1,613	18,817
Barat Laut	-----	1,075	2,554	2,151	0,538	0,806	7,124
TOTAL	23,656	10,081	27,957	22,715	9,946	5,645	100,000
Persentase kejadian berangin = 76,344 Persentase kejadian tak berangin = 23,656 Persentase kejadian tak tercatat = 0,000 Persentase kejadian TOTAL = 100,000							

LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

Jumlah jam tak berangin	=	217
Jumlah jam tak tercatat	=	0
Jumlah jam kejadian	=	720

LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI

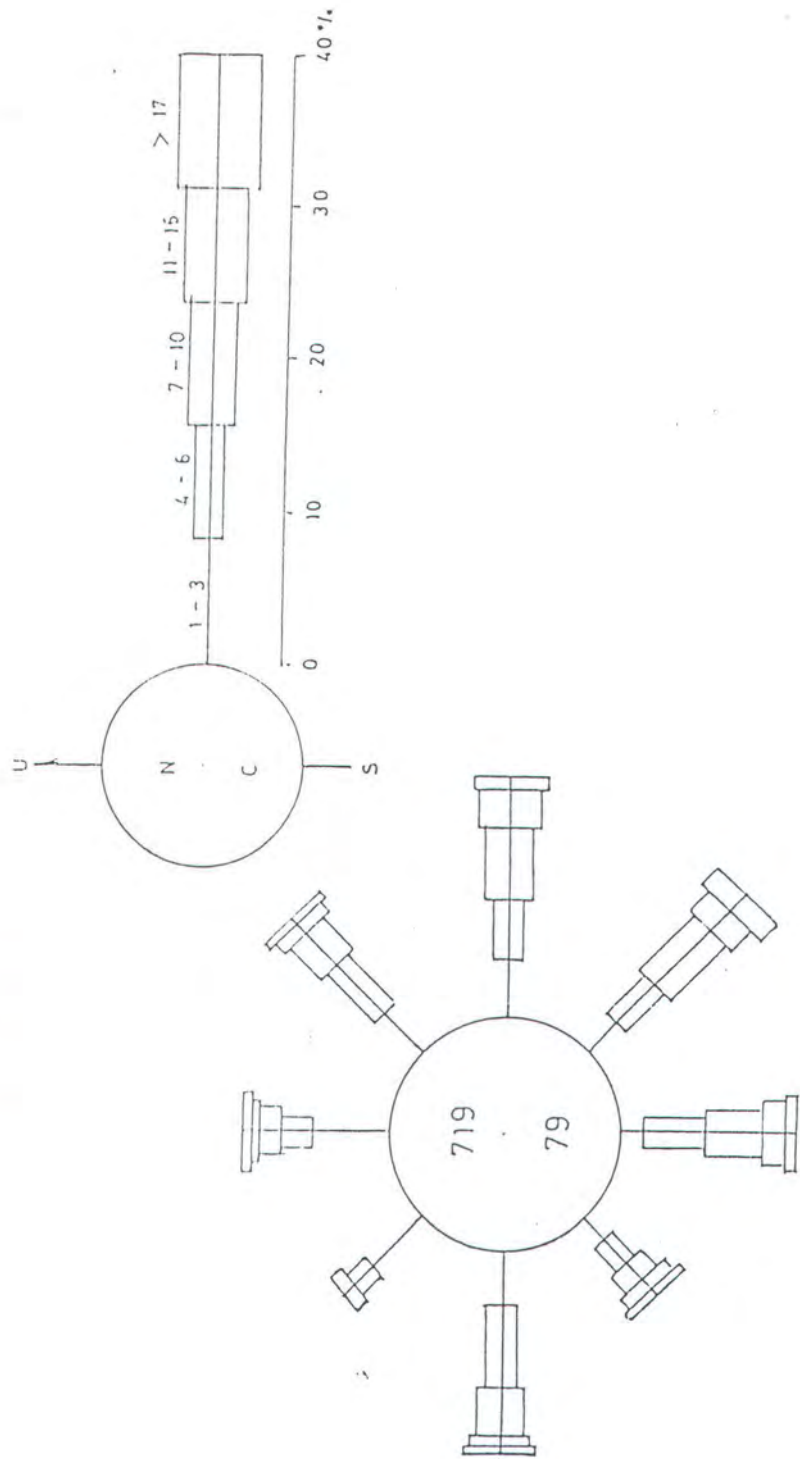
Persentase kejadian berangin	=	69,861
Persentase kejadian tak berangin	=	30,139
Persentase kejadian tak tercatat	=	0,000
Persentase kejadian TOTAL	=	100,00

FREKWENSI ARAH DAN KECEPATAN ANGIN							
BULAN MEI 1988							
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI							
ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	134	----	----	----	----	----	134
Utara	----	33	5	3	4	2	47
Timur Laut	----	31	11	5	6	3	56
Timur	----	9	8	8	3	3	31
Tenggara	----	19	37	10	9	0	75
Selatan	----	11	24	8	6	1	50
Barat Daya	----	41	34	18	3	0	96
Barat	----	103	36	25	11	2	177
Barat Laut	----	57	14	6	1	0	78
TOTAL	134	304	169	83	43	11	744
	Jumlah jam tak berangin		=	134			
	Jumlah jam tak tercatat		=	0			
	Jumlah jam kejadian		=	744			

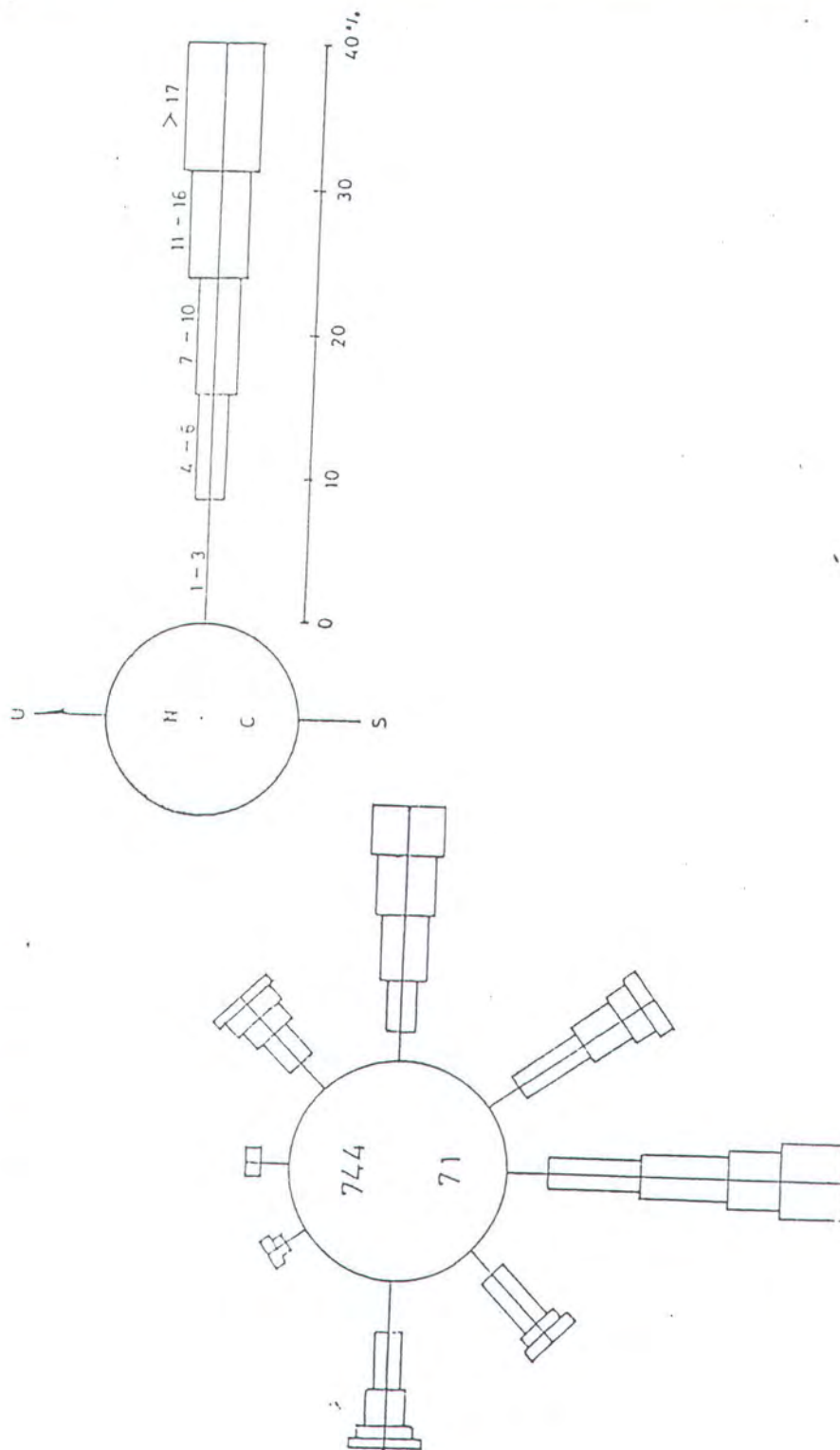
FREKWENSI ARAH DAN KECEPATAN ANGIN							
BULAN JUNI 1987 - MEI 1988							
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI							
ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	1651,000	----	----	----	----	----	1651,000
Utara	----	235,000	217,000	106,000	61,000	17,000	636,000
Timur Laut	----	218,000	220,000	119,000	64,000	26,000	647,000
Timur	----	198,000	215,000	143,000	91,000	49,000	696,000
Tenggara	----	249,000	385,000	204,000	81,000	40,000	959,000
Selatan	----	226,000	369,000	319,000	174,000	67,000	1155,000
Barat Daya	----	315,000	357,000	197,000	94,000	35,000	998,000
Barat	----	556,000	503,000	283,000	120,000	75,000	1537,000
Barat Laut	----	254,000	133,000	77,000	38,000	19,000	521,000
TOTAL	1651,000	2251,000	2399,000	1448,000	723,000	328,000	8800,000
	Jumlah jam tak berangin	=	1651,000				
	Jumlah jam tak tercatat	=	8,000				
	Jumlah jam kejadian	=	8808,000				
PERSENTASE ARAH DAN KECEPATAN ANGIN							
BULAN JUNI 1987 - MEI 1988							
LOKASI P. MAITEM TELUK RATAI							
ARAH	KECEPATAN (Knot)						
	0	1 spd. 3	4 spd. 6	7 spd. 10	11 spd. 16	17 keatas	TOTAL
	18,744	----	----	----	----	----	18,744
Utara	----	2,668	2,464	1,203	0,693	0,193	7,221
Timur Laut	----	2,475	2,498	1,351	0,727	0,295	7,346
Timur	----	2,248	2,441	1,624	1,033	0,556	7,902
Tenggara	----	2,827	4,371	2,316	0,920	0,454	10,888
Selatan	----	2,566	4,189	3,622	1,975	0,761	13,113
Barat Daya	----	3,576	4,053	2,237	1,067	0,397	11,331
Barat	----	6,312	5,711	3,213	1,362	0,851	17,450
Barat Laut	----	2,884	1,510	0,874	0,431	0,216	5,915
TOTAL	18,744	25,556	27,237	16,440	8,208	3,724	99,909
	Persentase kejadian berangin	=	81,165				
	Persentase kejadian tak berangin	=	18,744				
	Persentase kejadian tak tercatat	=	0,091				
	Persentase kejadian TOTAL	=	100,000				

WIND ROSE DI P. MAITEM TELUK RATAI

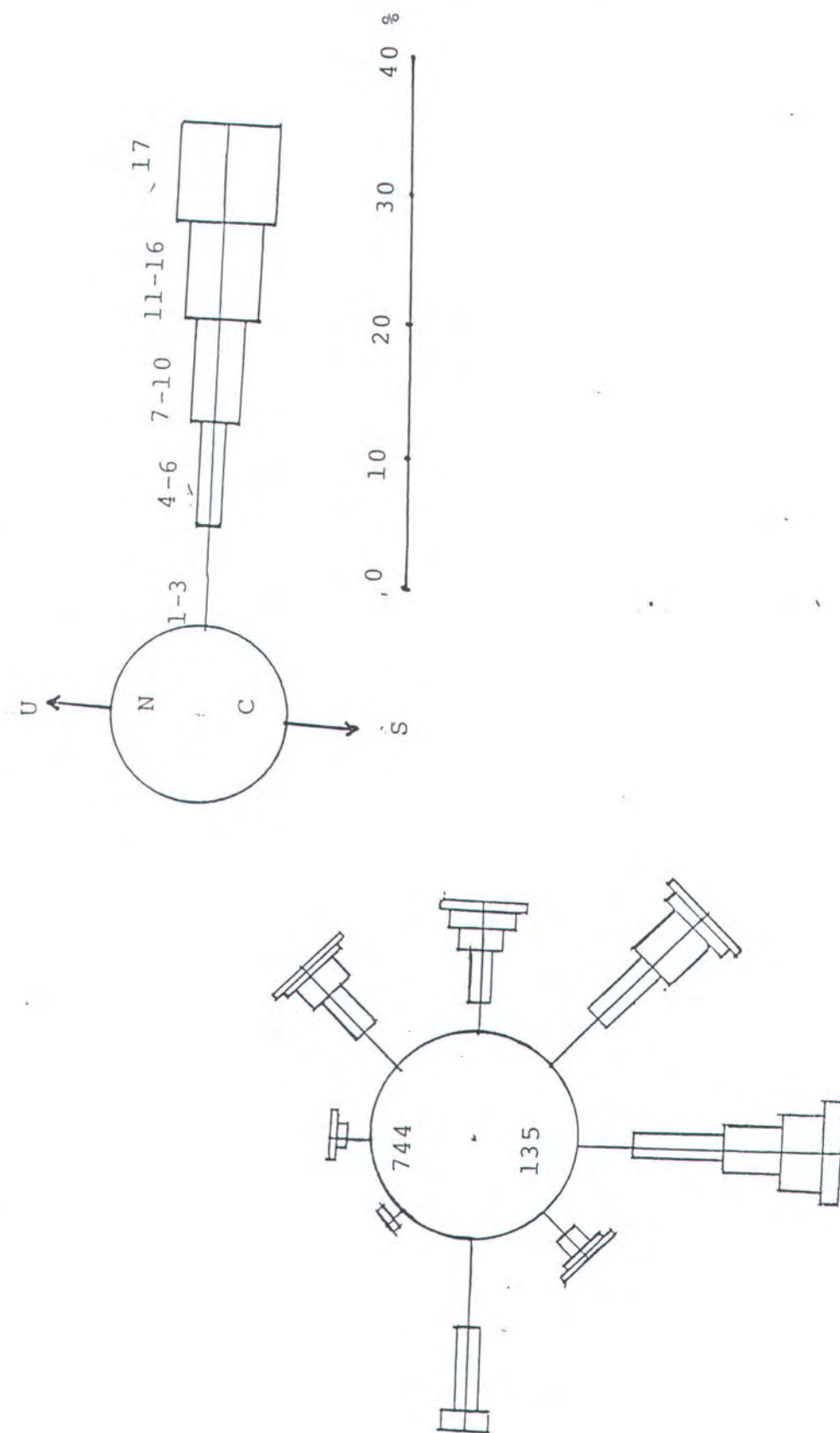
01 5/4 30 JUNI 1987



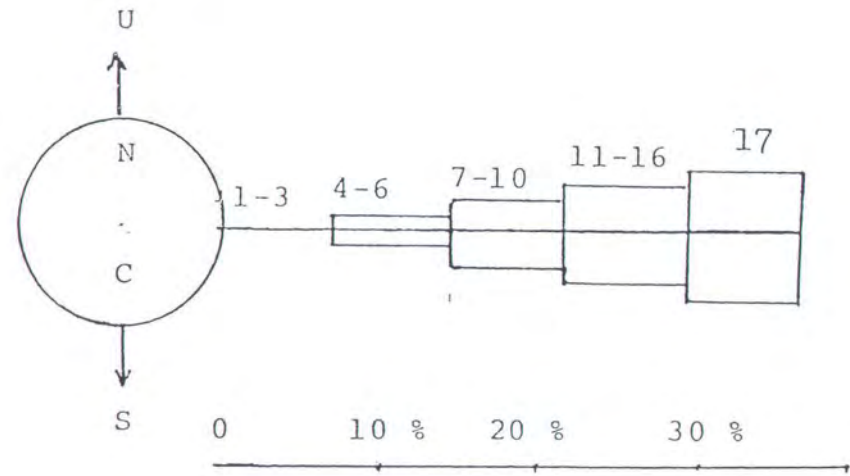
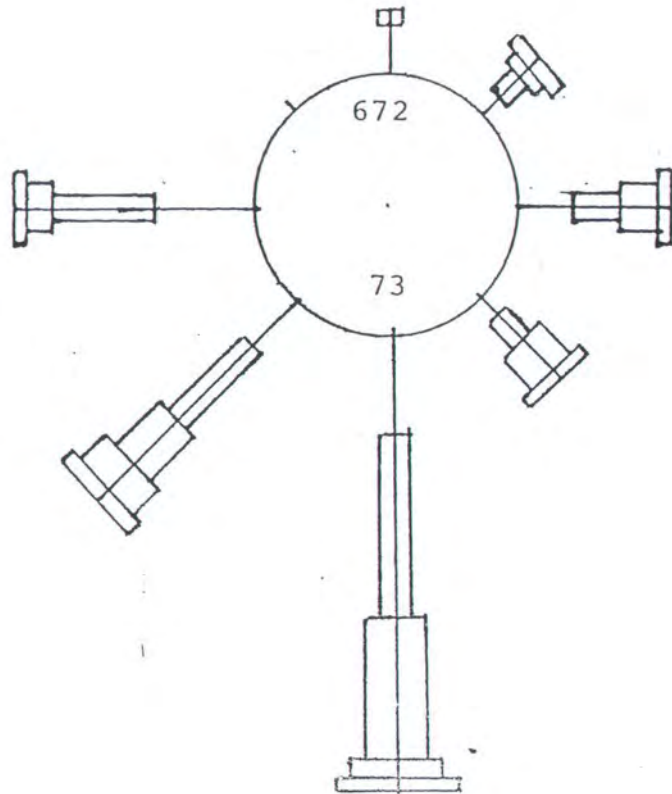
WIND ROSE DI P. MAITEM TELUK RATAI
01 s/d 31 JULI 1987.



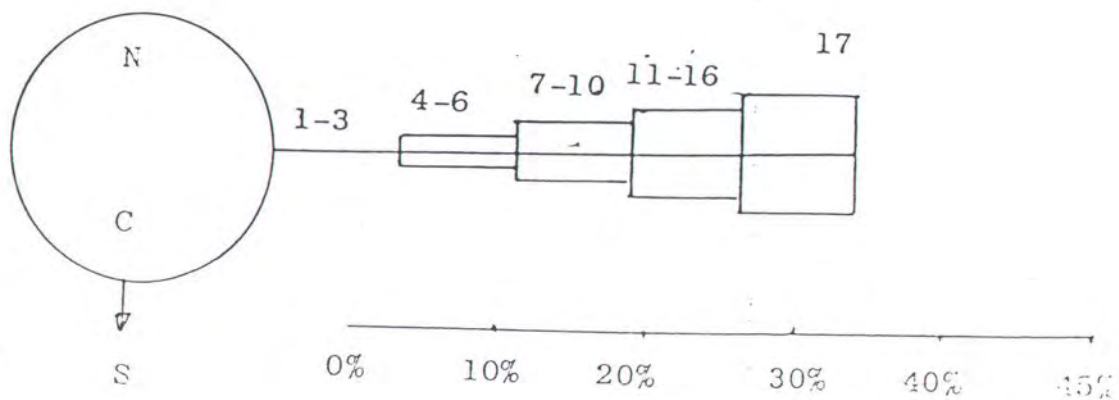
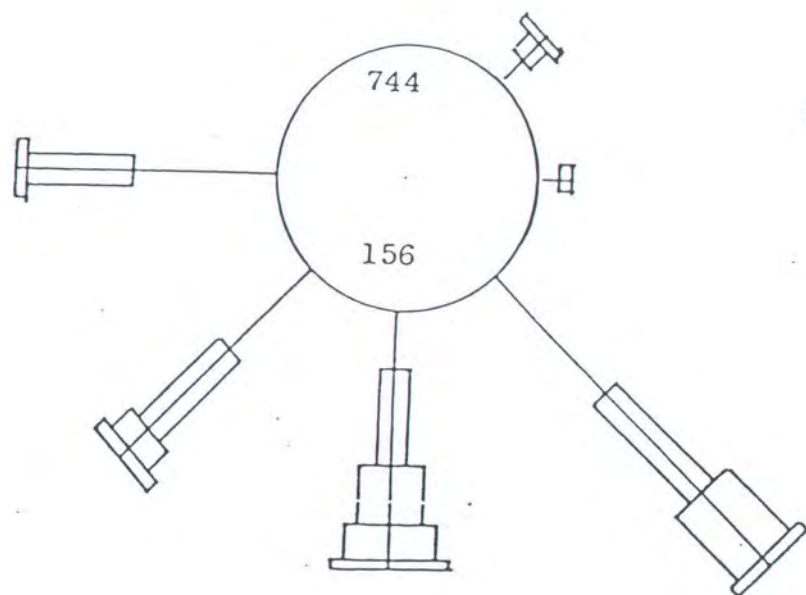
WIND ROSE DI P. MAITEM TELUK RATAI
01 s/d 31 AGUSTUS 1987



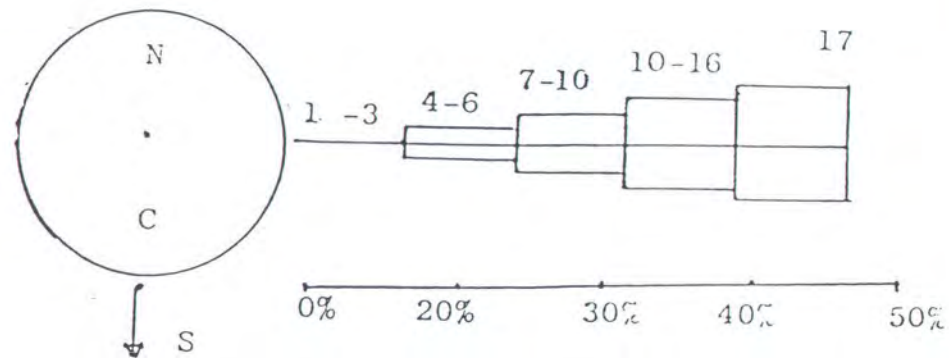
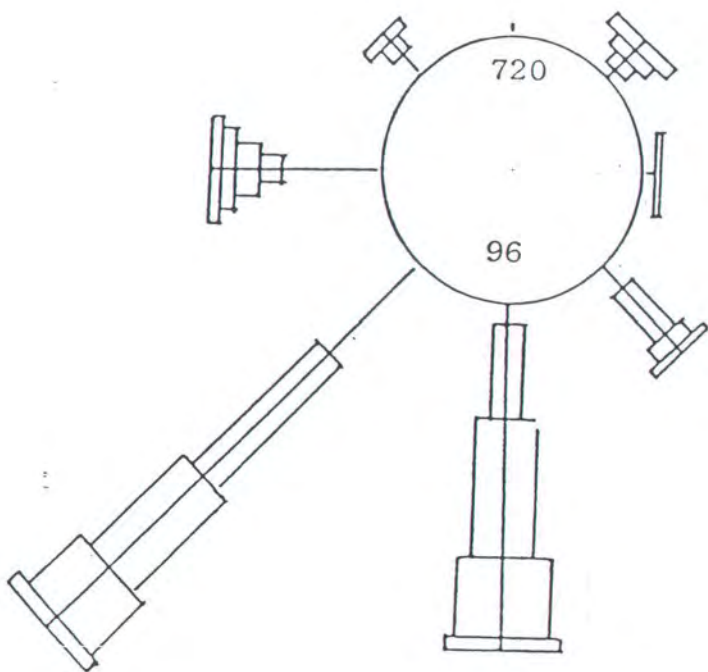
WIND ROSE DI P. MAITEM TELUK ARATAI
01 s/d 31 SEPTEMBER 1987



Wind Rose di P. Maitem Teluk Ratai
01 s/d 31 Oktober 1987

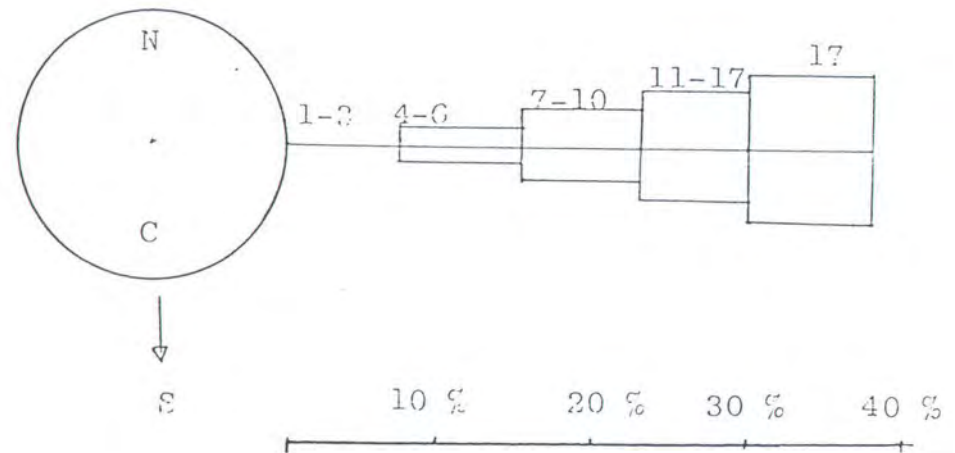
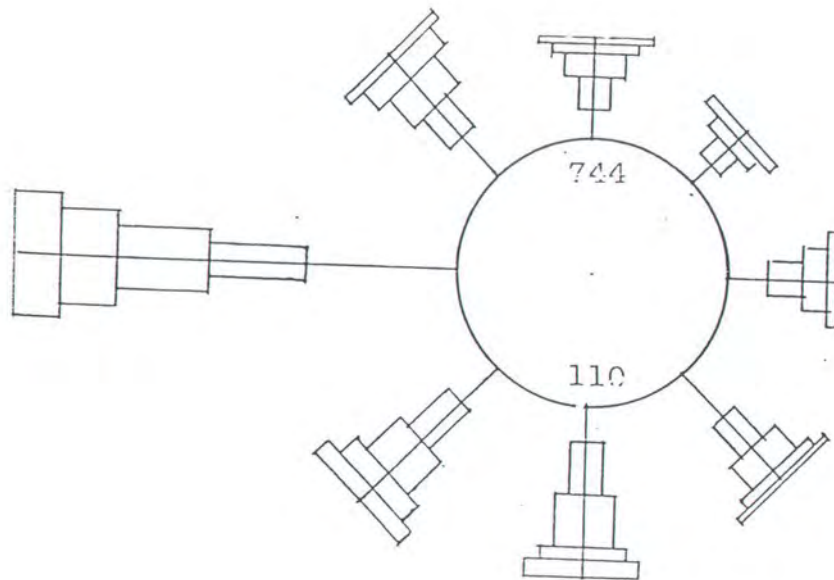


Wind Rose di P. Maitem Teluk Ratai
01 s/d 30 Nompember 1987.



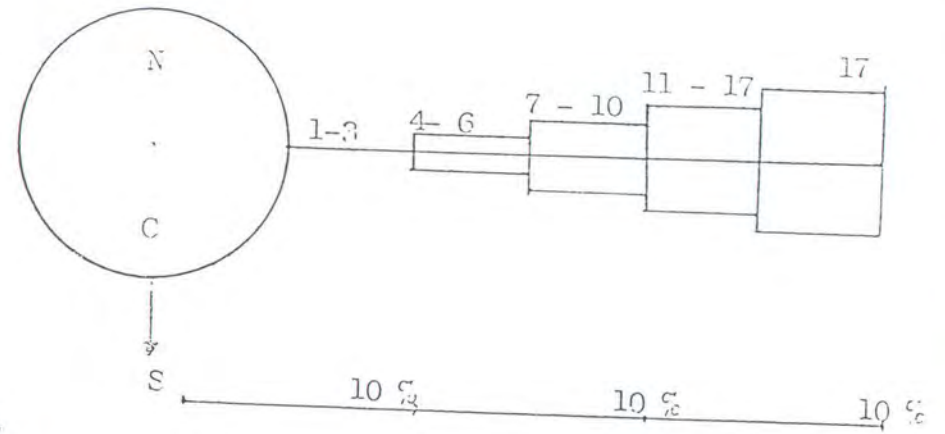
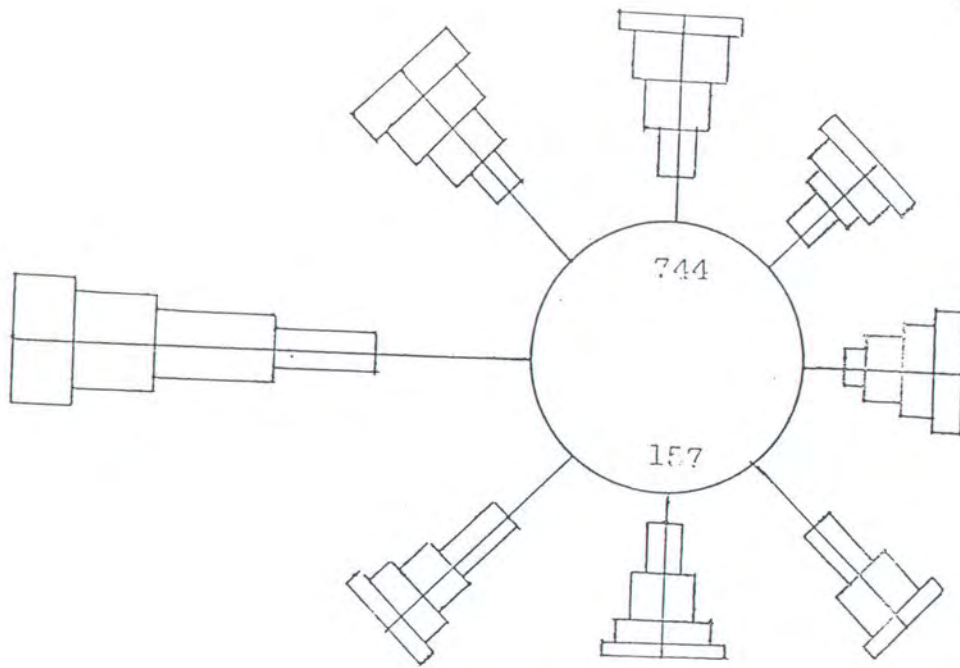
Keterangan : N : Jumlah Observasi
C : Jumlah tenang.

Wind rose Teluk Ratai
1 s/d 31 Desember 1987



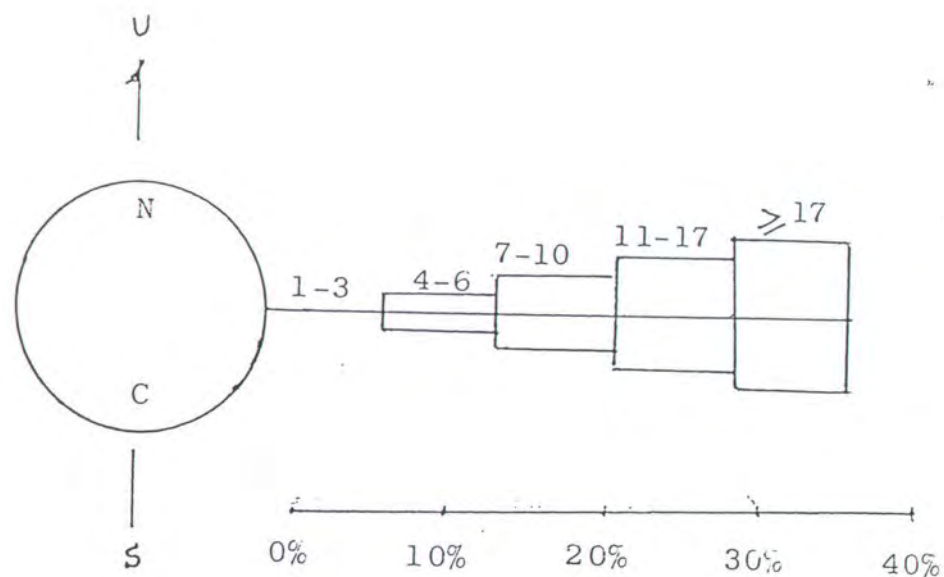
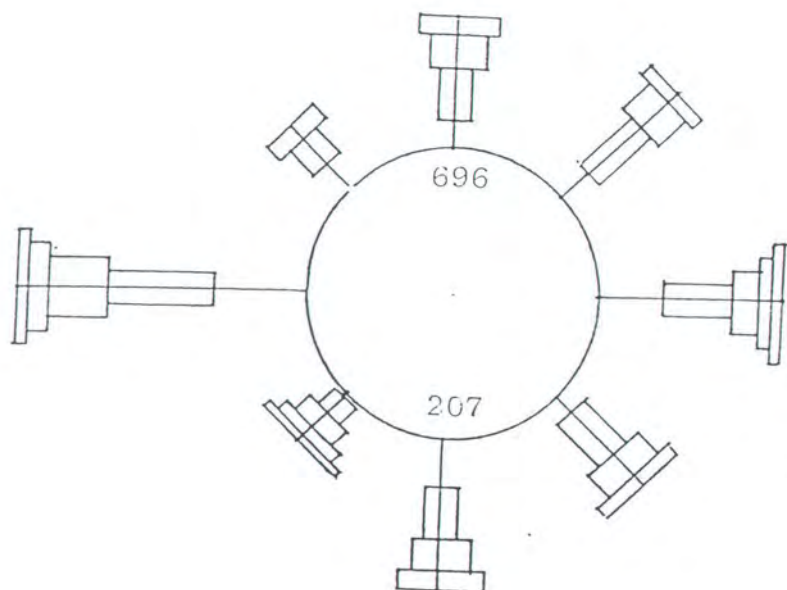
Keterangan : N = Jumlah observasi
C = Jumlah tenang

Wind Pose Teluk Ratai
1 s/d 31 Januari 1988



Keterangan : N : Jumlah observasi
W : Jumlah tenang

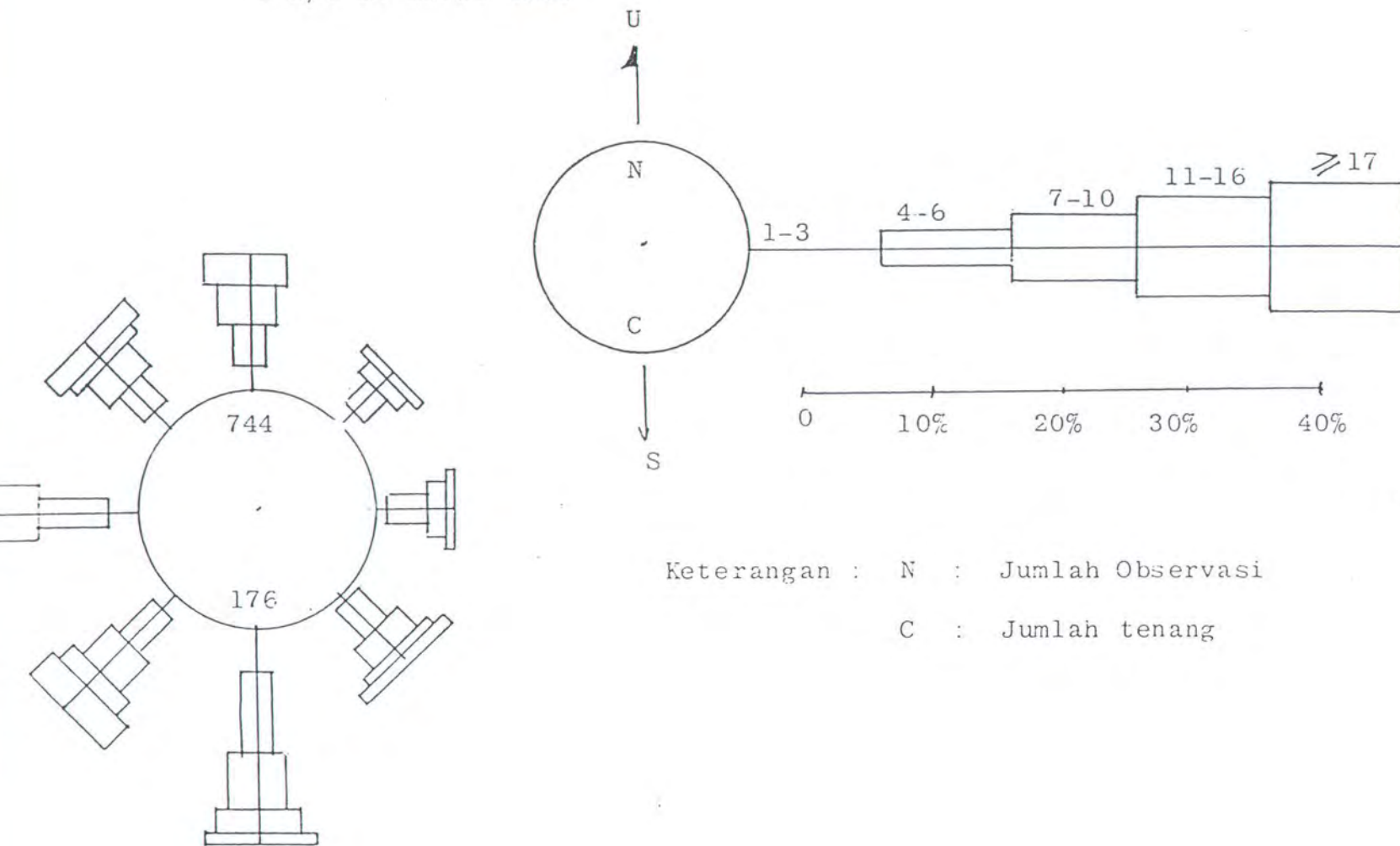
Wind Roses di Teluk Ratai
1 s/d 29 Pebruari 1988



Keterangan : N : Jumlah Observasi

C : Jumlah tenang

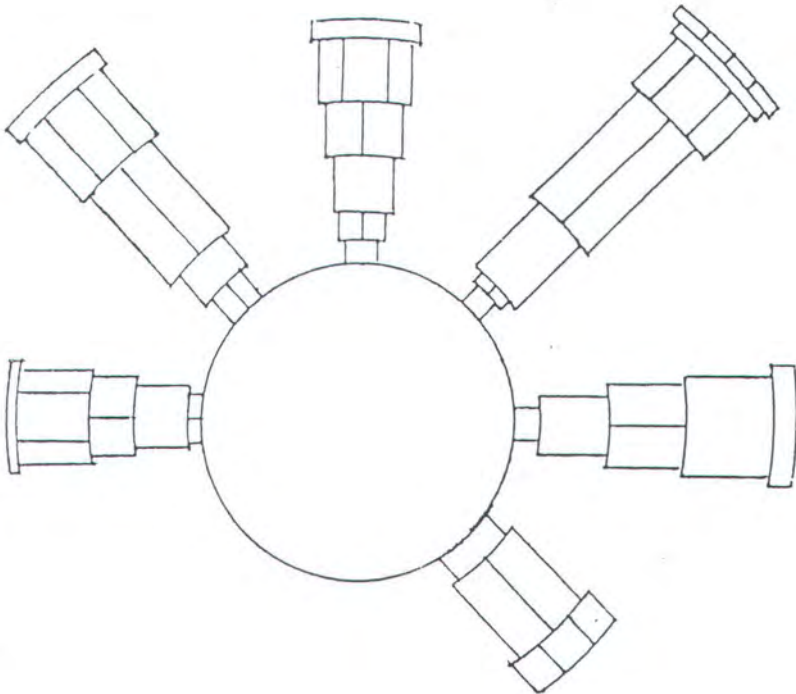
Wind Roses di Teluk Ratai
1 S/D 31 Maret 1988



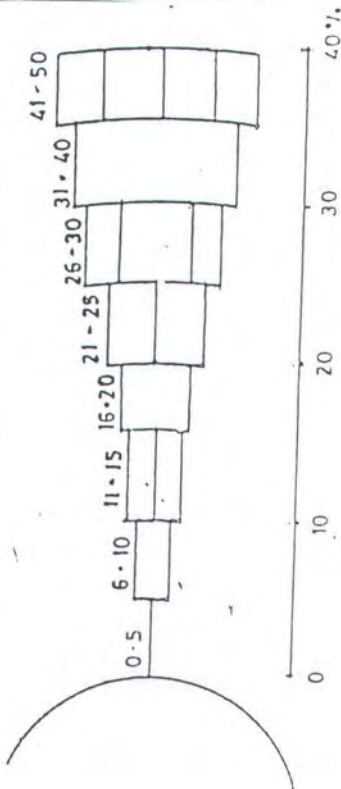
Keterangan : N : Jumlah Observasi
C : Jumlah tenang



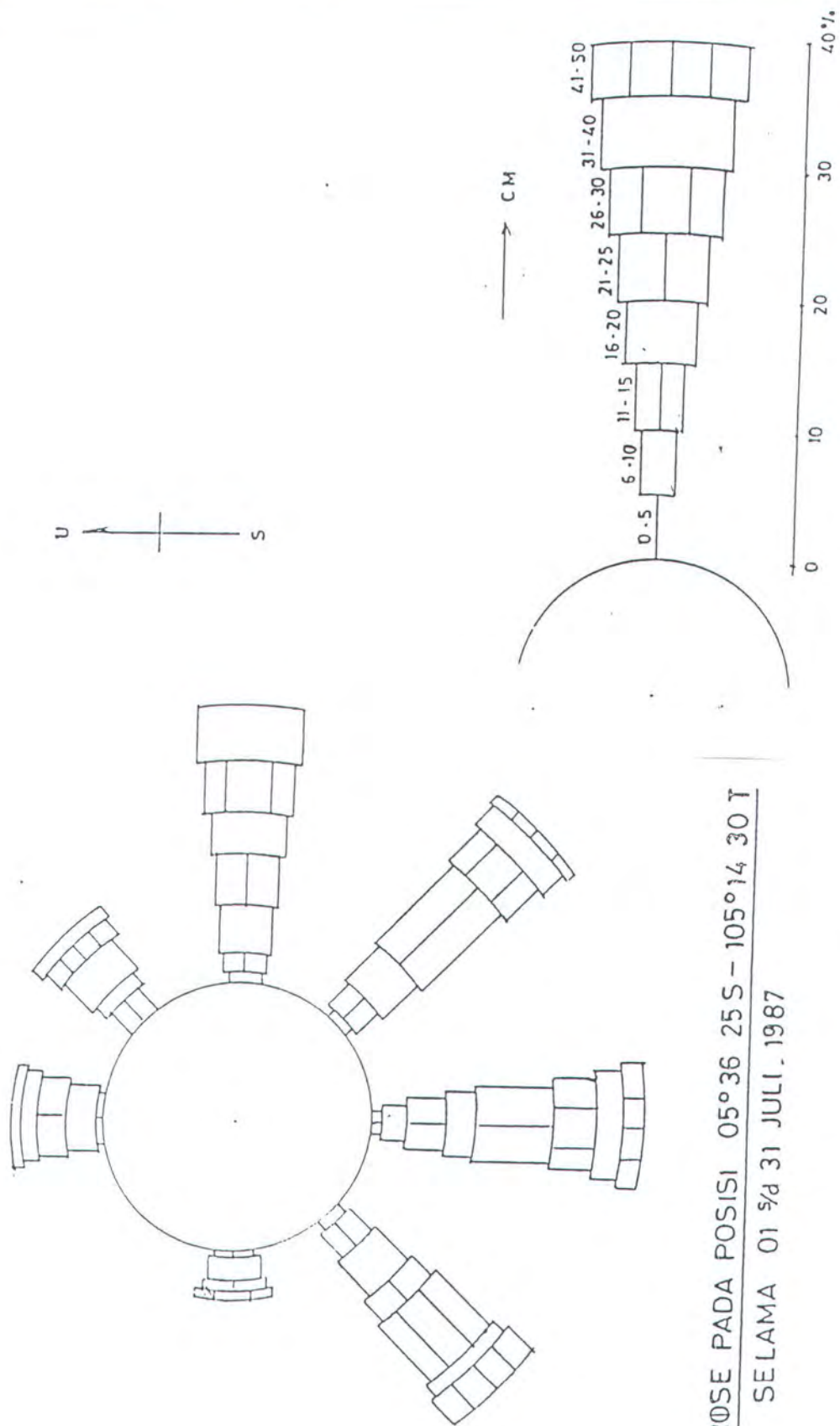
LAMPIRAN B



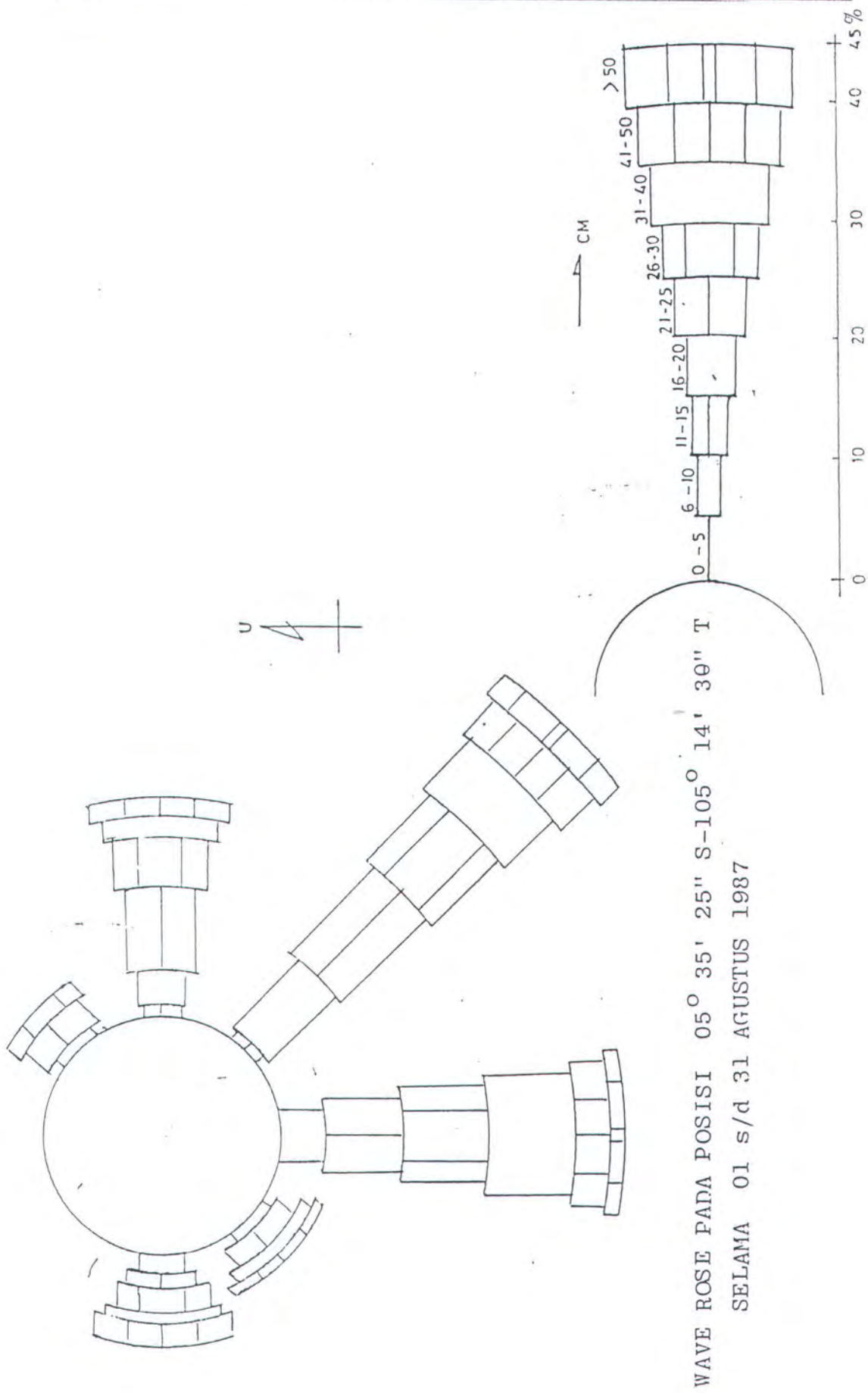
→ CM



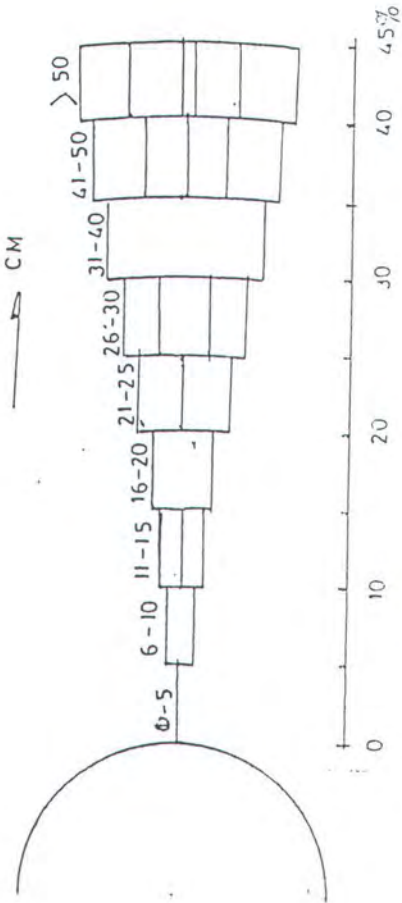
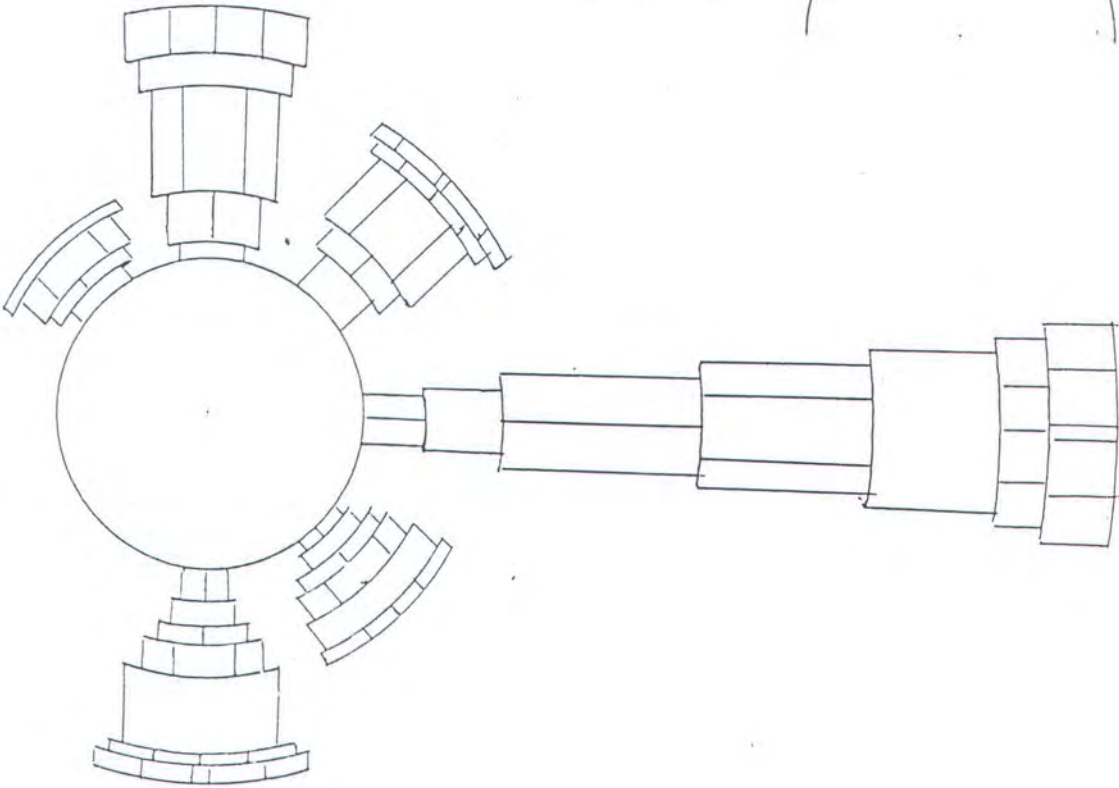
WAVE ROSE PADA POSISI 05° 36' 25"S - 105° 14' 30"E
SELAMA 01 1/4 30 JUNI . 1987 .

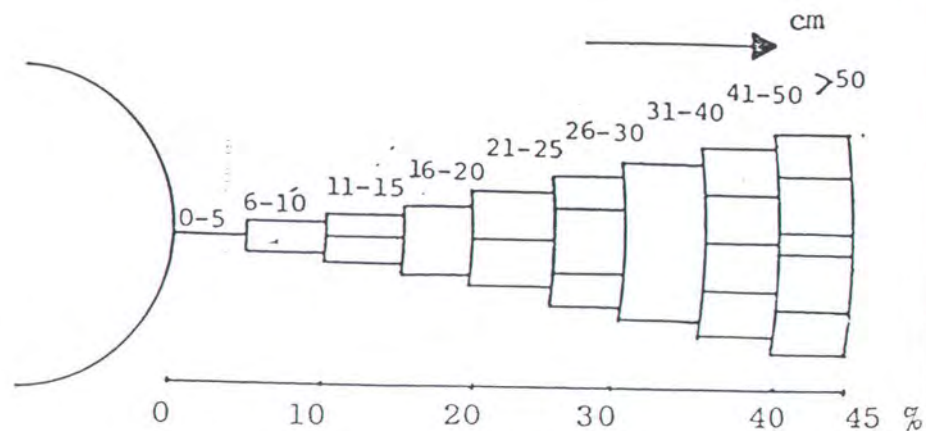
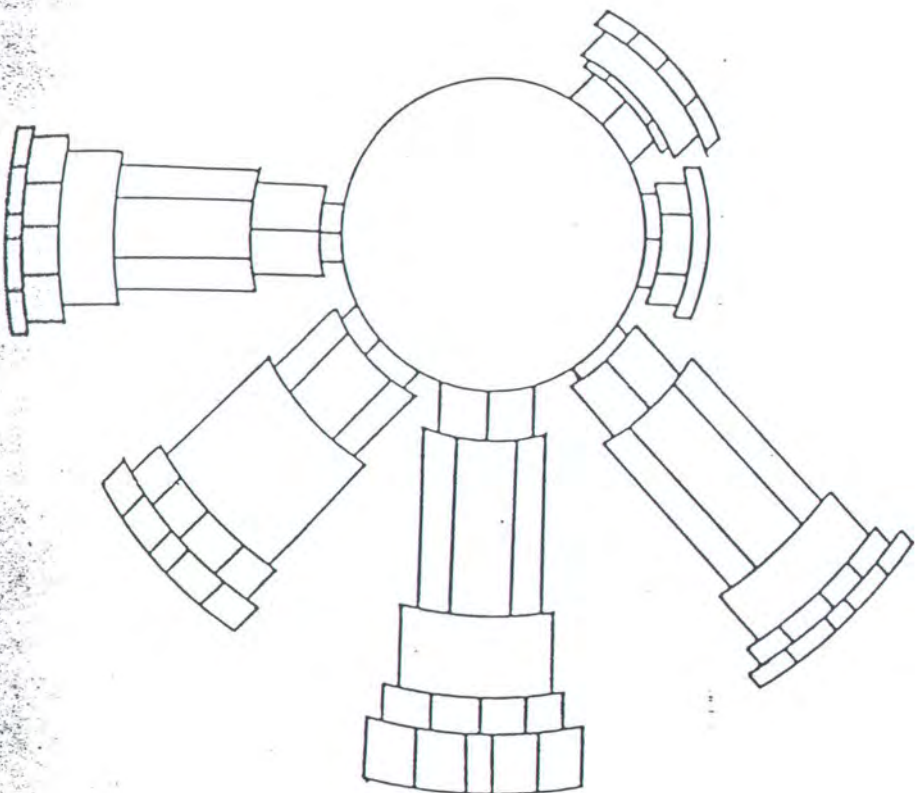


WAVE ROSE PADA POSISI 05°36' 25" S - 105°14' 30" T
SELAMA 01 s/d 31 JULI, 1987



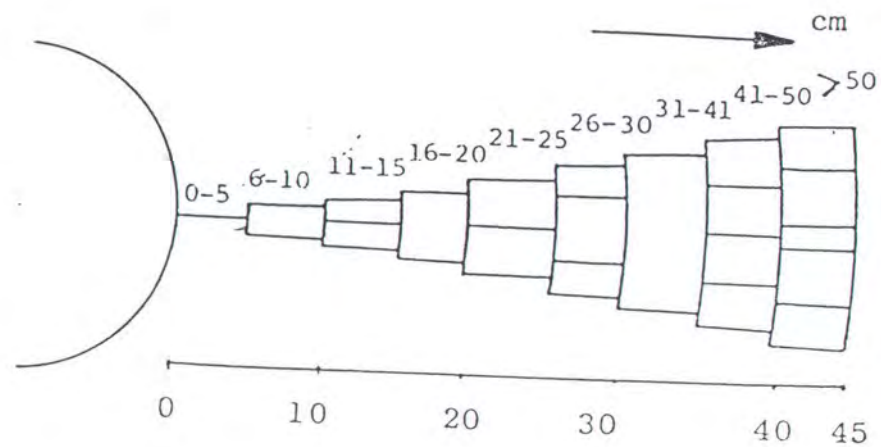
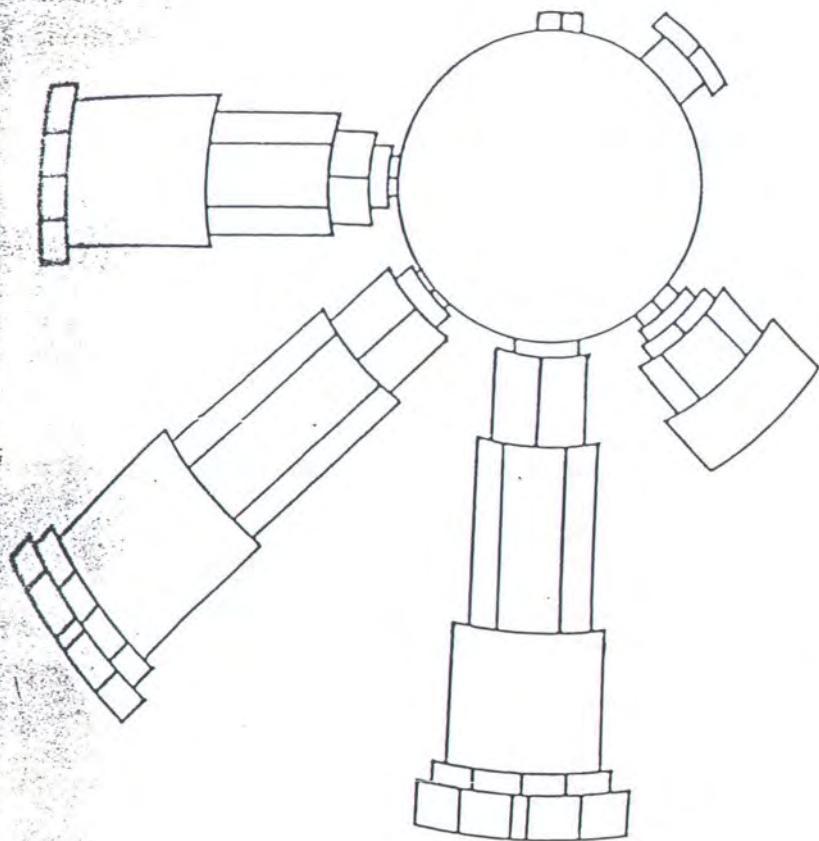
WAVE ROSE PADA POSISI :
05° 35' 25" S - 105° 14' 30" T
SELAMA 01 s/d 30 SEPTEMBER 1987

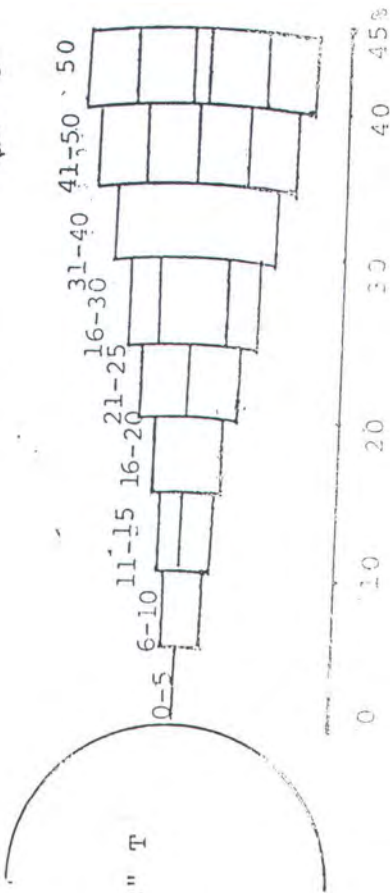
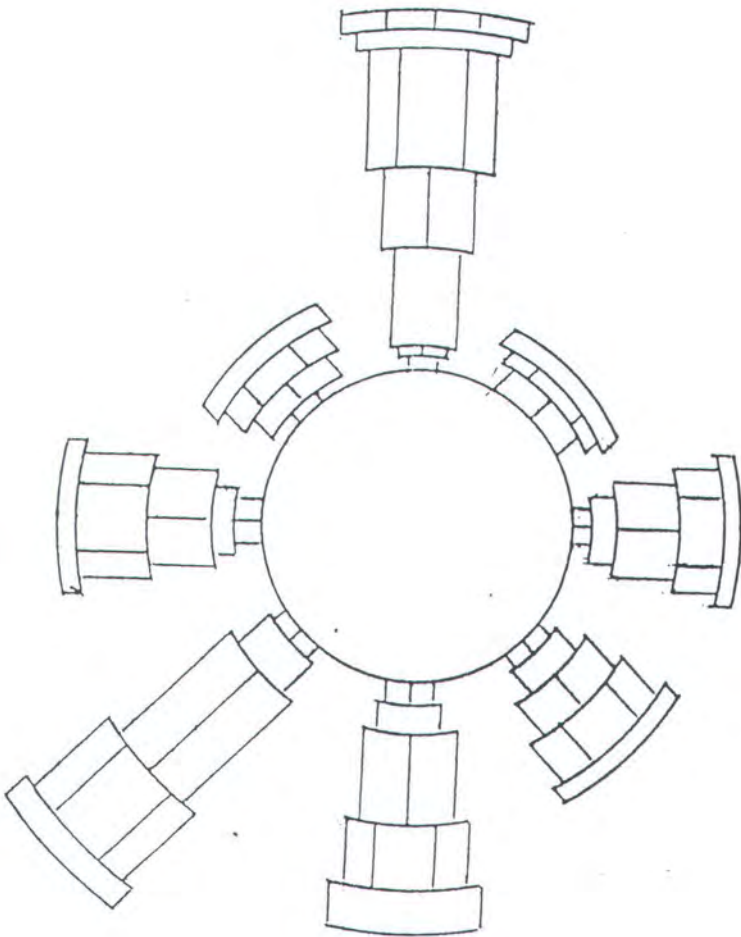




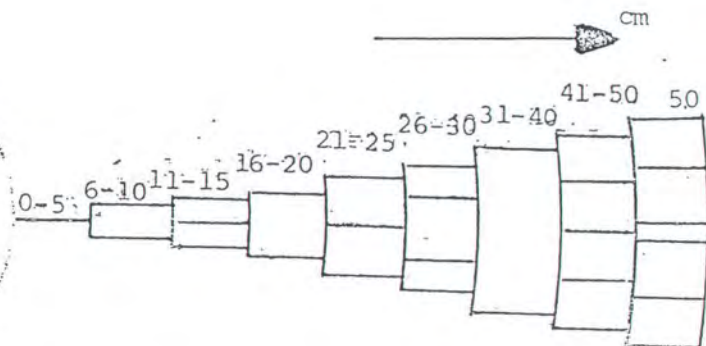
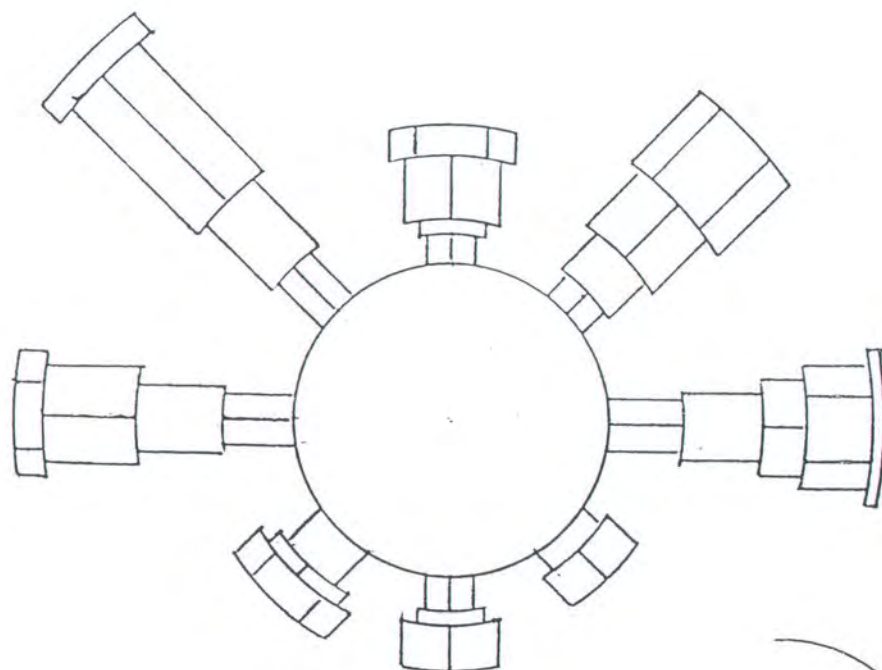
Wave rose pada posisi 05 35' 25" S - 105 14' 30" T
selama 01 s/d 31 Oktober 1987

Wave rose pada posisi 05 35' 25" S - 105 14' 30" T
selama 01 s/d 30 Nopember 1987



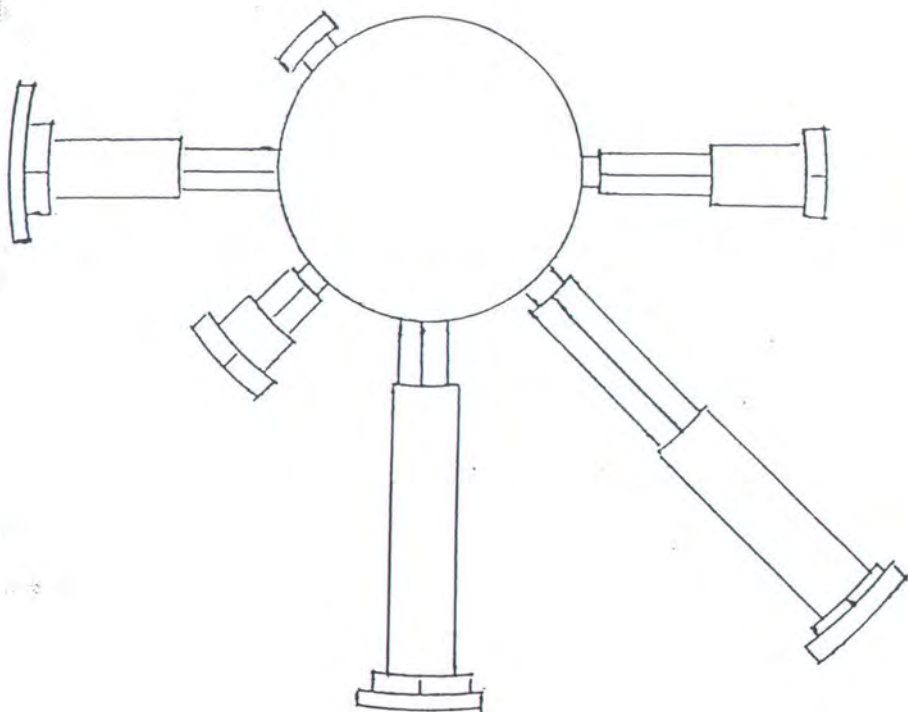


Wave rose pada posisi 05° 35' 25"S - 105° 14' 30" T
selama 01 s/d 31 Desember 1987

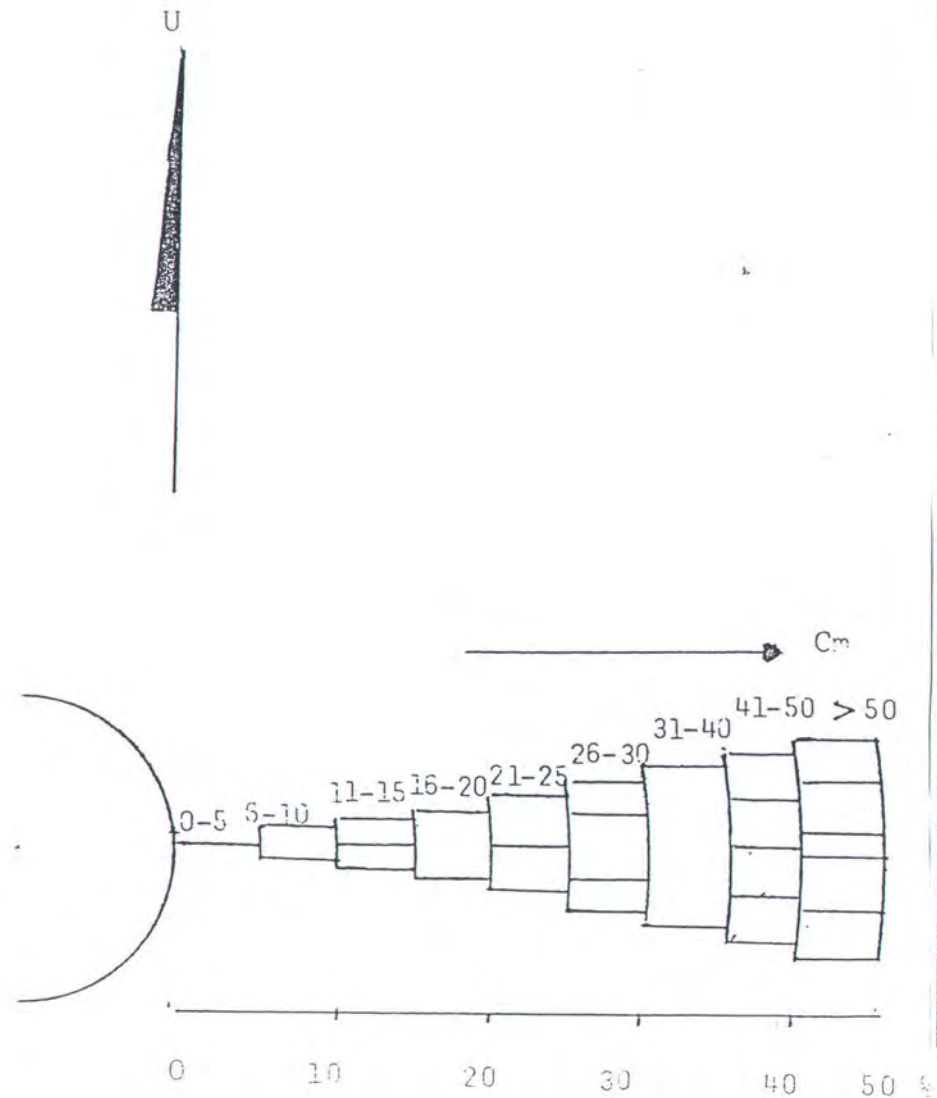


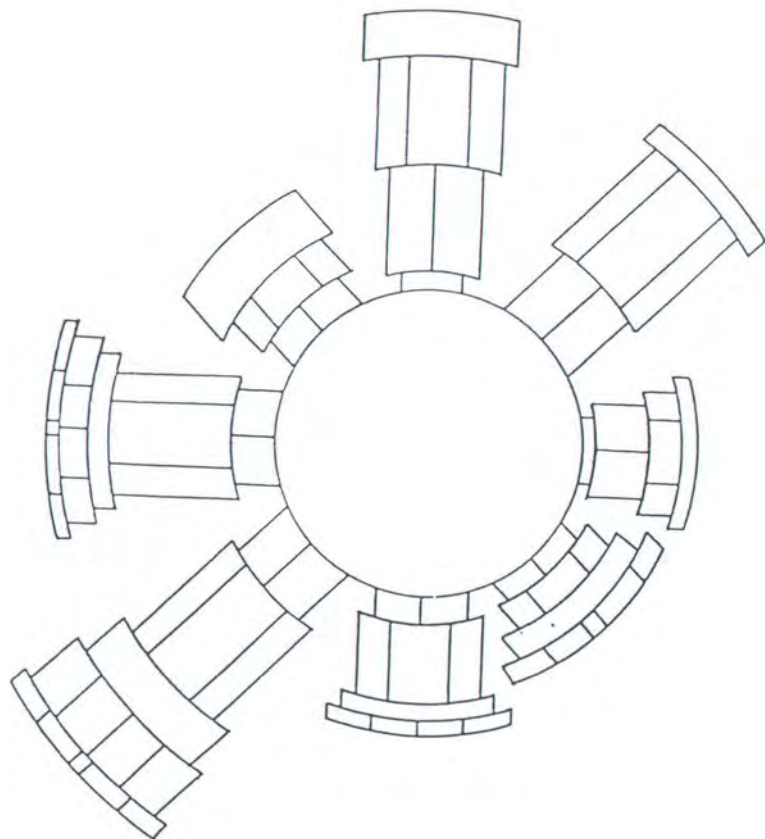
Wave rose pada posisi $05^{\circ} 35' 25''$ S - $105^{\circ} 14' 30''$ T
selama 01 s/d 31 Januari 1988

20 20 30 40 45%

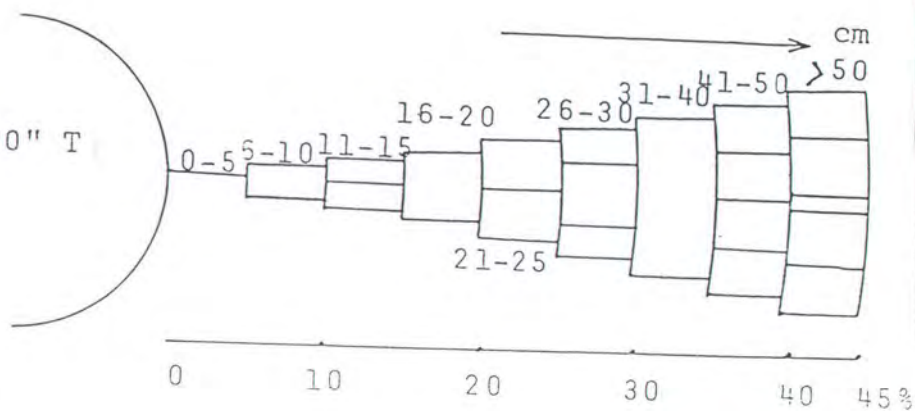


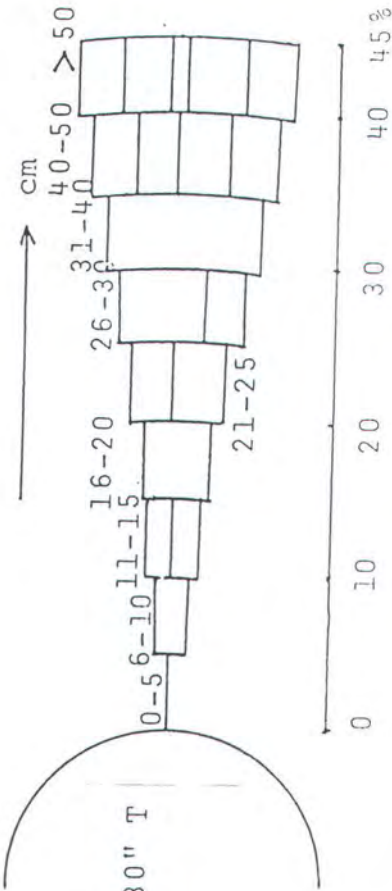
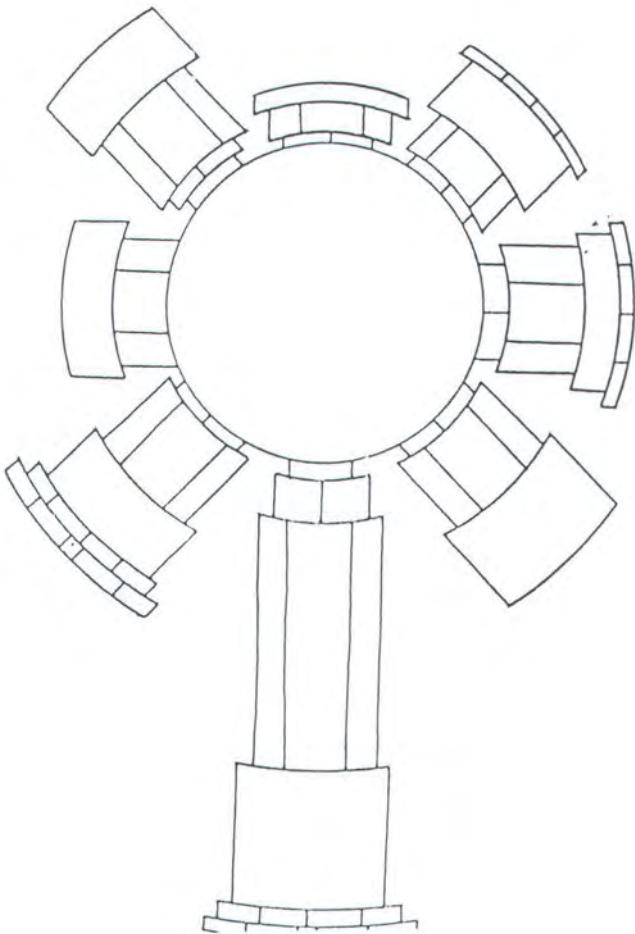
WAVE ROSE PADA POSISI $05^{\circ}36'25''$ S
 $105^{\circ}14'30''$ T
 SELAMA 01 S/D 29 FEBRUARI 1988





WAVE ROSE PADA POSISI $05^{\circ}36'25''$ S - $105^{\circ}14'30''$ T
SELAMA 01 S/D 30 APRIL 1988





WAVE ROSE PADA POSISI 05°36'25" S - 105°14'30" T
SELAMA 01 S/D 31 MEI 1988



LAMPIRAN D

**TABEL ANALISA UKURAN BESAR PARTIKEL
PADA MUSIM BARAT**

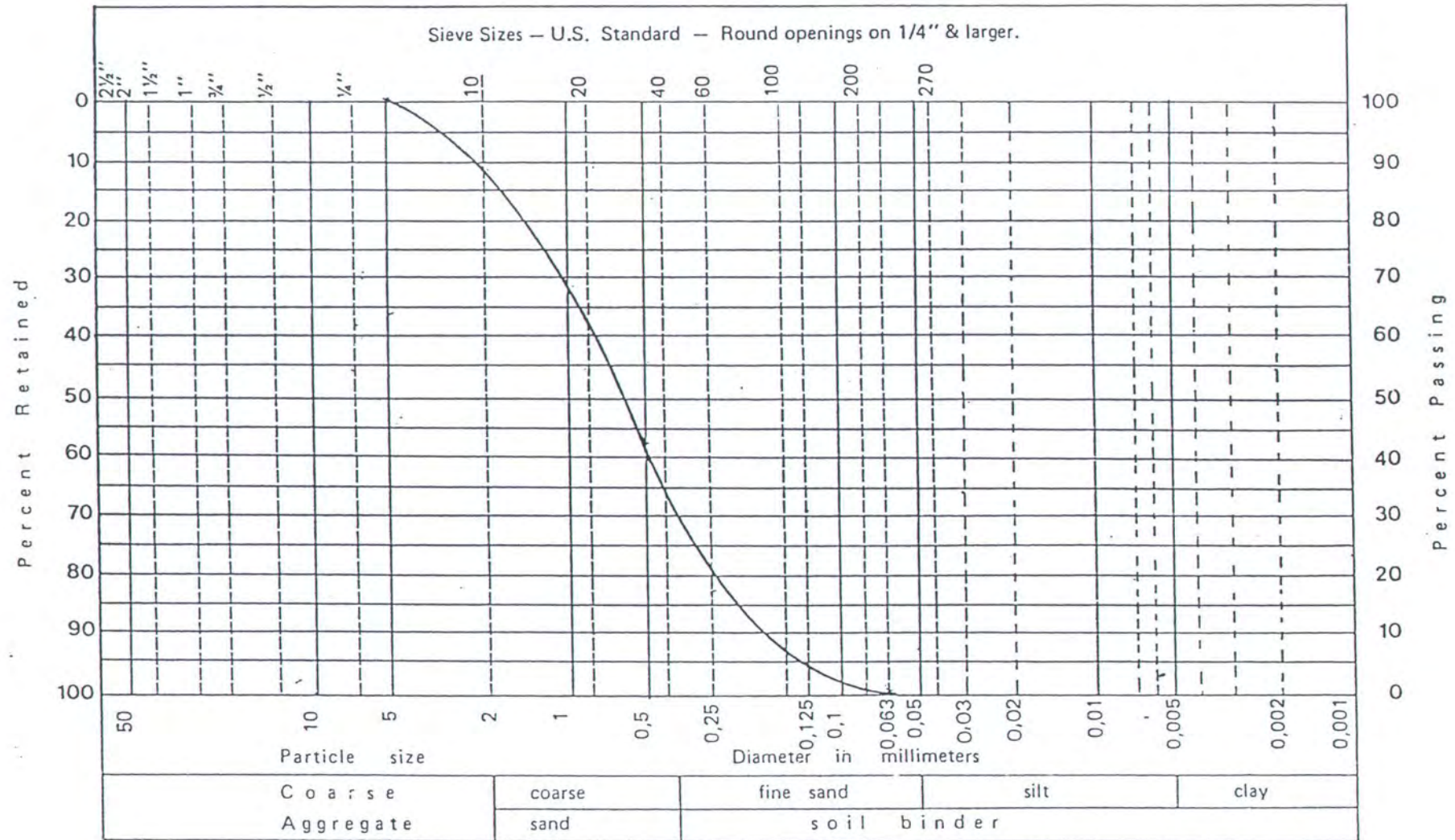
No.	Lokasi	PERSENTASE TEMBUS PARTIKEL											
		5	2	1	0,5	0,25	0,13	0,06	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00
1	Stasiun 1				100	78,71	58,57	39,30	19,57	16,31	9,61	7,19	3,98
2	Stasiun 2					100	88,97	76,12	63,86	33,65	13,88	6,54	5,68
3	Stasiun 3					100	87,92	76,89	71,32	50,48	12,95	11,15	7,48
4	Stasiun 4				100	90,69	80,62	70,13	58,95	33,12	13,34	6,70	4,25
5	Stasiun 5				100	91,53	87,31	74,78	64,92	47,97	10,98	5,29	3,21
6	Stasiun 6				100	88,23	81,70	56,70	39,44	33,19	28,03	16,16	10,70
7	Stasiun 7				100	98,28	92,01	81,88	74,22	61,62	34,70	16,56	7,79
8	Stasiun 8				100	94,49	80,41	71,17	66,50	60,65	40,84	6,64	3,47
9	Stasiun 9					100	92,92	86,32	72,32	71,91	46,24	14,77	7,97
10	Stasiun 10					100	73,77	51,76	42,53	31,24	21,57	17,44	11,17
11	Stasiun 11			100	87,98	59,58	48,12	41,75	39,54	34,63	21,49	9,02	7,45
12	Stasiun 12				100	68,96	41,63	24,53	17,08	13,98	9,32	5,95	5,18
13	Stasiun 13					100	76,20	61,38	49,84	34,53	10,56	6,47	6,17
14	Stasiun 14					100	61,48	45,52	37,39	31,83	10,59	7,20	6,79

**TABEL ANALISA UKURAN BESAR PARTIKEL
PADA MUSIM TIMUR**

No.	Lokasi	PERSENTASE TEMBUS PARTIKEL												
		5	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	0,03	0,02	0,01	0,005	0,002	BD
1	Stasiun 1	100	90,84	71,35	47,30	23,29	5,45	0,36	—	—	—	—	—	2,58
2	Stasiun 2	100	85,34	74,64	56,63	33,45	8,89	0,80	—	—	—	—	—	2,35
3	Stasiun 3	100	79,64	63,02	43,40	18,58	2,09	0,27	—	—	—	—	—	2,51
4	Stasiun 4					100	99,03	90,13	84,24	67,74	8,08	7,79	7,33	2,29
5	Stasiun 5		100	91,91	86,70	72,04	60,95	54,22	48,91	40,68	15,48	8,63	6,69	2,56
6	Stasiun 6				100	98,01	90,64	83,83	76,09	60,68	17,58	9,23	5,20	2,24
7	Stasiun 7					100	99,87	98,07	96,78	82,26	20,12	7,75	6,71	2,11
8	Stasiun 8	100	89,24	68,73	42,54	17,19	4,75	0,48	—	—	—	—	—	2,44
9	Stasiun 9					100	99,78	93,57	88,82	68,70	17,06	13,83	12,22	2,27
10	Stasiun 10					100	99,62	94,55	89,47	20,43	18,39	7,71	6,77	2,33
11	Stasiun 11			100	92,73	89,62	80,87	70,60	69,79	54,42	17,70	9,24	4,11	2,28
12	Stasiun 12		100	95,22	89,92	79,57	49,71	33,84	30,28	25,13	5,36	3,35	2,40	2,69
13	Stasiun 13				100	99,00	97,17	92,87	92,49	67,71	17,62	14,35	8,75	2,30
14	Stasiun 14			100	99,27	98,71	97,59	86,63	82,15	59,45	10,55	9,84	6,11	2,13

MECHANICAL ANALYSIS GRAIN SIZE ACCUMULATION CURVE

River : ST 8
Station Lokasion :
Date :
Sample NO : 3/Lab No KS : 53



KECEPATAN JATUH UNTUK DISTRIBUSI UKURAN BUTIR TERTENTU
PADA SETIAP STASION PENGUKURAN

Diameter butir, D (mm)	Kecepatan Jatuh, W (cm / detik)													
	Stn.1	Stn.2	Stn.3	Stn.4	Stn.5	Stn.6	Stn.7	Stn.8	Stn.9	Stn.10	Stn.11	Stn.12	Stn.13	Stn.14
0,500	5,4338	5,3883	5,4668	5,3811	5,3855	5,4306	5,5248	5,6240	5,2296	5,3833	5,3329	5,2406	4,9642	5,0645
0,250	3,8422	3,8101	3,8656	3,8050	3,8081	3,8399	3,9066	3,9768	3,6979	3,8066	3,7709	3,7057	3,5102	3,5812
0,125	2,7169	2,6942	2,7334	2,6906	2,6927	2,7153	2,7624	2,8120	2,6148	2,6917	2,6664	2,6203	2,4821	2,5323
0,063	1,9288	1,9127	1,9405	1,9101	1,9117	1,9277	1,9611	1,9963	1,8563	1,9108	1,8929	1,8602	1,7621	1,7997
0,030	0,0359	0,0355	0,0365	0,0356	0,0359	0,0366	0,0377	0,0383	0,0340	0,0355	0,0349	0,0337	0,0301	0,0313
0,020	0,0160	0,0158	0,0162	0,0158	0,0160	0,0163	0,0168	0,0170	0,0151	0,0158	0,0155	0,0150	0,0134	0,0139
0,010	0,0040	0,0039	0,0041	0,0040	0,0040	0,0041	0,0042	0,0043	0,0038	0,0039	0,0039	0,0037	0,0033	0,0035
0,005	0,00	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0010	0,0011	0,0009	0,0010	0,0010	0,0009	0,0008	0,0009
0,002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001



LAMPIRAN E

Tabel Wave Diffraction Coefficients, KD As a Function
(Sorensen, 1978)

r/L	β (Degrees)												
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
$\theta = 15^\circ$													
1/2	0.49	0.79	0.83	0.90	0.97	1.01	1.03	1.02	1.01	0.99	0.99	1.00	1.00
1	0.38	0.73	0.83	0.95	1.04	1.04	0.99	0.96	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
2	0.21	0.68	0.86	1.05	1.03	0.97	1.02	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	0.13	0.63	0.99	1.04	1.03	1.02	0.99	0.99	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00
10	0.35	0.58	1.10	1.05	0.98	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
$\theta = 30^\circ$													
1/2	0.61	0.63	0.68	0.76	0.87	0.97	1.03	1.05	1.03	1.01	0.99	0.95	1.00
1	0.50	0.53	0.63	0.78	0.95	1.06	1.05	0.98	0.98	1.01	1.01	0.97	1.00
2	0.40	0.44	0.59	0.84	1.07	1.03	0.96	1.02	0.98	1.01	0.99	0.95	1.00
5	0.27	0.32	0.55	1.00	1.04	1.04	1.02	0.99	0.99	1.00	1.01	0.97	1.00
10	0.20	0.24	0.54	1.12	1.06	0.97	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00
$\theta = 45^\circ$													
1/2	0.49	0.50	0.55	0.63	0.73	0.85	0.96	1.04	1.06	1.04	1.00	0.99	1.00
1	0.38	0.40	0.47	0.59	0.76	0.95	1.07	1.06	0.98	0.97	1.01	1.01	1.00
2	0.29	0.31	0.39	0.56	0.83	1.03	1.04	0.96	1.03	0.98	1.01	1.00	1.00
5	0.18	0.20	0.29	0.54	1.01	1.04	1.05	1.03	1.00	0.99	1.01	1.00	1.00
10	0.13	0.15	0.22	0.53	1.13	1.07	0.96	0.98	1.02	0.99	1.00	1.00	1.00
$\theta = 60^\circ$													
1/2	0.40	0.41	0.45	0.52	0.60	0.72	0.85	1.13	1.04	1.06	1.03	1.01	1.00
1	0.31	0.32	0.36	0.44	0.57	0.75	0.96	1.08	1.06	0.98	0.98	1.01	1.00
2	0.22	0.23	0.28	0.37	0.55	0.83	1.08	1.04	0.96	1.03	0.98	1.01	1.00
5	0.14	0.15	0.18	0.20	0.53	1.01	1.04	1.05	1.03	0.99	0.99	1.00	1.00
10	0.10	0.11	0.13	0.21	0.52	1.14	1.07	0.96	0.98	1.01	1.00	1.00	1.00
$\theta = 75^\circ$													
1/2	0.34	0.35	0.38	0.42	0.50	0.59	0.71	0.85	0.97	1.04	1.05	1.02	1.00
1	0.25	0.26	0.29	0.34	0.43	0.56	0.75	0.95	1.02	1.06	0.98	0.98	1.00
2	0.18	0.19	0.22	0.26	0.36	0.54	0.83	1.09	1.04	0.96	1.03	0.99	1.00
5	0.12	0.12	0.13	0.17	0.27	0.52	1.01	1.04	1.05	1.03	0.99	0.99	1.00
10	0.08	0.08	0.10	0.13	0.20	0.52	1.14	1.07	0.96	0.98	1.01	1.00	1.00
$\theta = 90^\circ$													
1/2	0.31	0.31	0.33	0.36	0.41	0.49	0.59	0.71	0.85	0.96	1.03	1.03	1.00
1	0.22	0.23	0.24	0.28	0.33	0.42	0.56	0.75	0.96	1.07	1.05	0.99	1.00
2	0.16	0.16	0.18	0.20	0.26	0.35	0.54	0.69	1.08	1.04	0.96	1.02	1.00
5	0.10	0.10	0.11	0.13	0.16	0.27	0.53	1.01	1.04	1.05	1.02	0.99	1.00
10	0.07	0.07	0.08	0.09	0.13	0.20	0.52	1.14	1.07	0.96	0.99	1.01	1.00

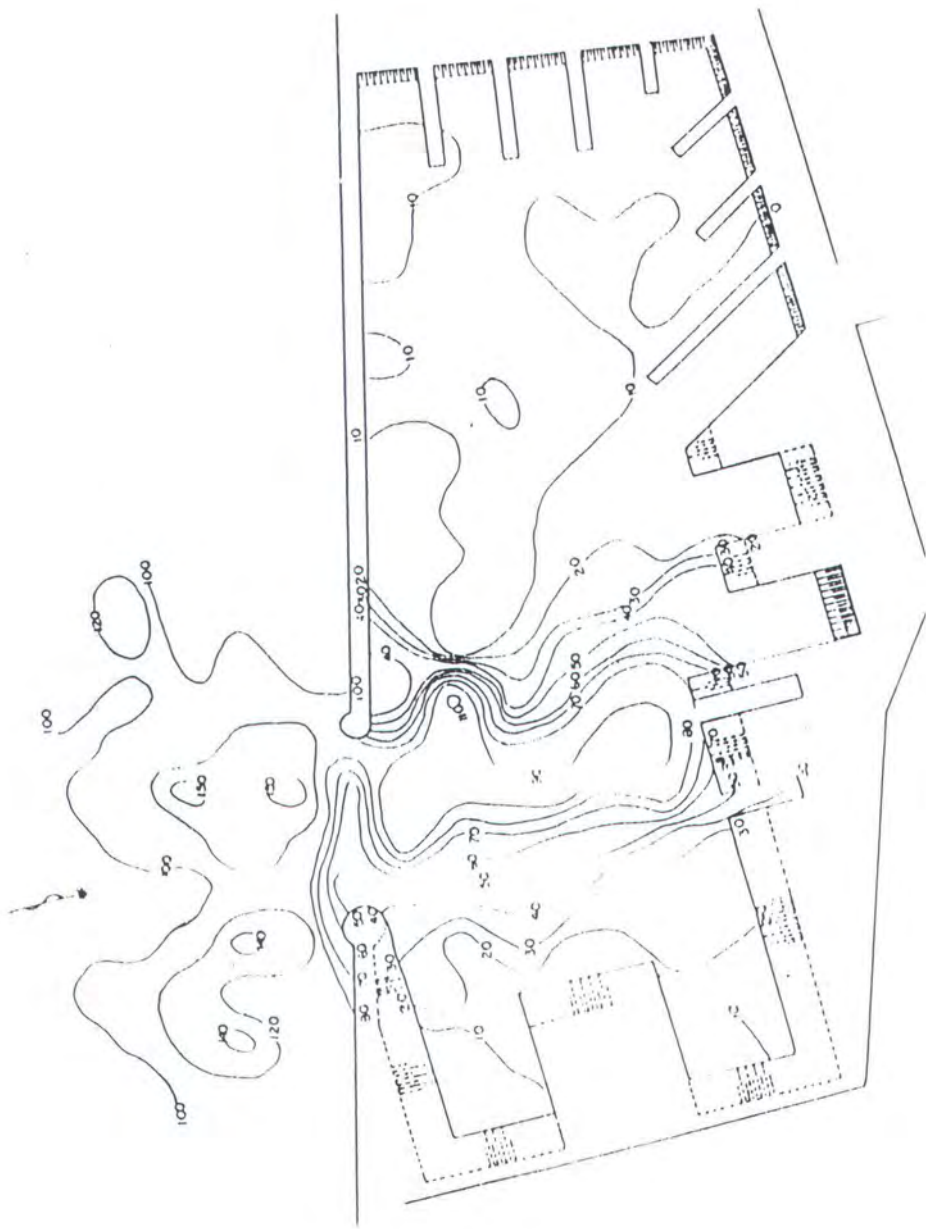
Tabel Wave Diffraction Coefficients, KD As a Function
(Sorensen, 1978)

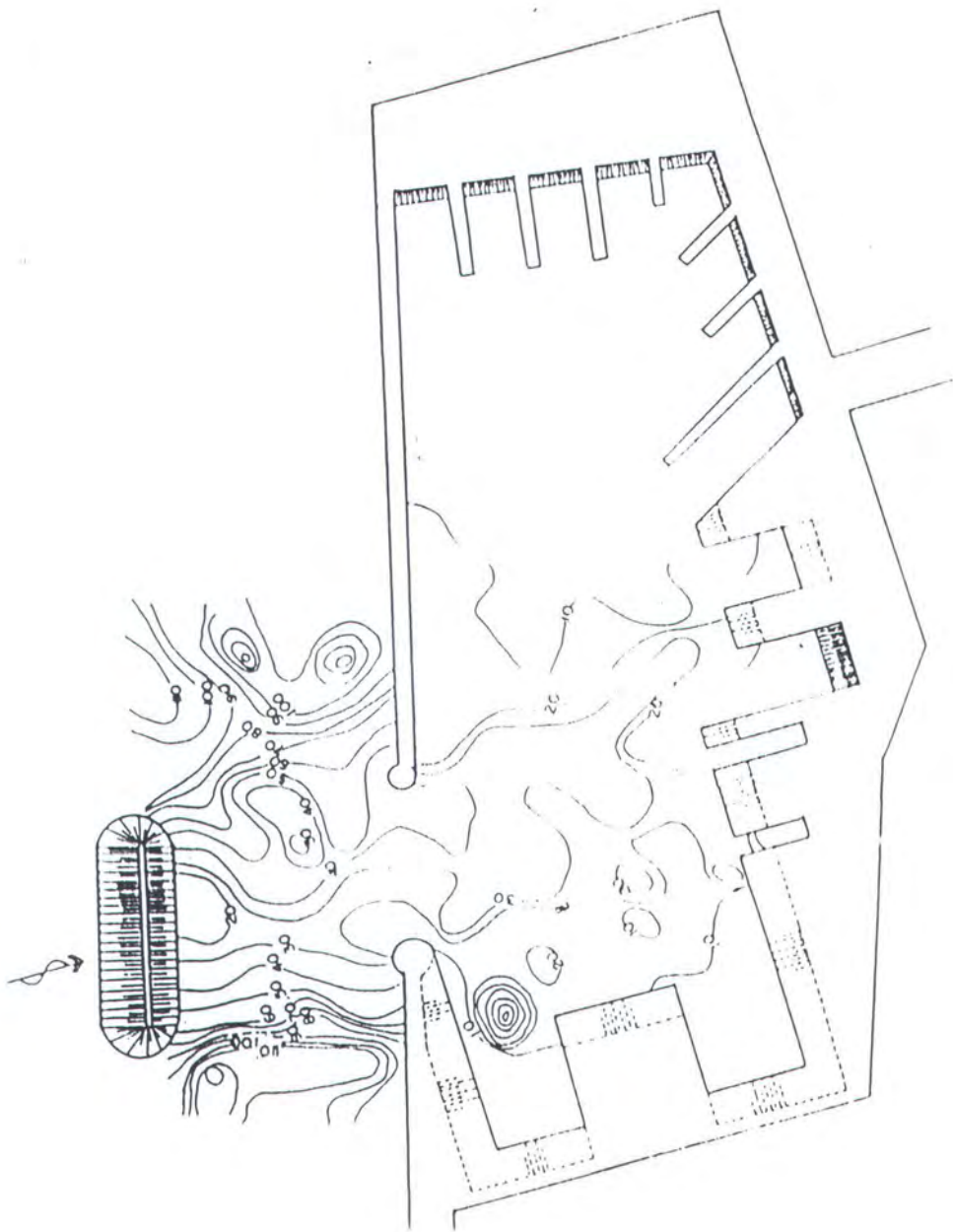
r/L	β (Degrees)												
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
$\theta = 105^\circ$													
1/2	0.28	0.28	0.29	0.32	0.35	0.41	0.49	0.59	0.72	0.85	0.97	1.01	1.00
1	0.20	0.20	0.24	0.23	0.27	0.33	0.42	0.56	0.75	0.95	1.06	1.04	1.00
2	0.14	0.14	0.13	0.17	0.20	0.25	0.35	0.54	0.83	1.08	1.03	0.97	1.00
5	0.09	0.09	0.10	0.11	0.13	0.17	0.27	0.52	1.02	1.04	1.04	1.02	1.00
10	0.07	0.06	0.08	0.08	0.09	0.12	0.20	0.52	1.14	1.07	0.97	0.99	1.00
$\theta = 120^\circ$													
1/2	0.25	0.26	0.27	0.28	0.31	0.35	0.41	0.50	0.60	0.73	0.87	0.97	1.00
1	0.18	0.19	0.19	0.21	0.23	0.27	0.33	0.43	0.57	0.76	0.95	1.04	1.00
2	0.13	0.13	0.14	0.14	0.17	0.20	0.26	0.16	0.55	0.83	1.07	1.03	1.00
5	0.08	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.27	0.53	1.01	1.04	1.03	1.00
10	0.06	0.05	0.06	0.07	0.07	0.09	0.13	0.20	0.52	1.13	1.06	0.98	1.00
$\theta = 135^\circ$													
1/2	0.24	0.24	0.25	0.26	0.28	0.32	0.36	0.42	0.52	0.63	0.76	0.90	1.00
1	0.18	0.17	0.18	0.19	0.21	0.23	0.28	0.34	0.44	0.59	0.78	0.95	1.00
2	0.12	0.12	0.13	0.14	0.14	0.17	0.20	0.26	0.37	0.56	0.84	1.05	1.00
5	0.08	0.07	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.17	0.28	0.54	1.00	1.04	1.00
10	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.13	0.21	0.53	1.12	1.05	1.00
$\theta = 150^\circ$													
1/2	0.23	0.23	0.24	0.25	0.27	0.29	0.33	0.38	0.45	0.55	0.68	0.83	1.00
1	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.22	0.24	0.29	0.36	0.47	0.63	0.83	1.00
2	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.15	0.18	0.22	0.28	0.39	0.59	0.86	1.00
5	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.18	0.29	0.55	0.99	1.00
10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.13	0.22	0.54	1.10	1.00
$\theta = 165^\circ$													
1/2	0.23	0.23	0.23	0.24	0.26	0.28	0.31	0.35	0.41	0.50	0.63	0.79	1.00
1	0.16	0.16	0.17	0.17	0.19	0.20	0.23	0.26	0.32	0.40	0.53	0.73	1.00
2	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.16	0.19	0.23	0.31	0.44	0.68	1.00
5	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15	0.20	0.32	0.63	1.00
10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.11	0.11	0.21	0.58	1.00
$\theta = 180^\circ$													
1/2	0.20	0.25	0.23	0.24	0.25	0.28	0.31	0.34	0.40	0.49	0.61	0.78	1.00
1	0.10	0.17	0.16	0.18	0.18	0.23	0.22	0.25	0.31	0.38	0.50	0.70	1.00
2	0.02	0.09	0.12	0.12	0.13	0.18	0.16	0.18	0.22	0.29	0.40	0.60	1.00
5	0.02	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18	0.27	0.46	1.00
10	0.01	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08	0.10	0.13	0.20	0.36	1.00

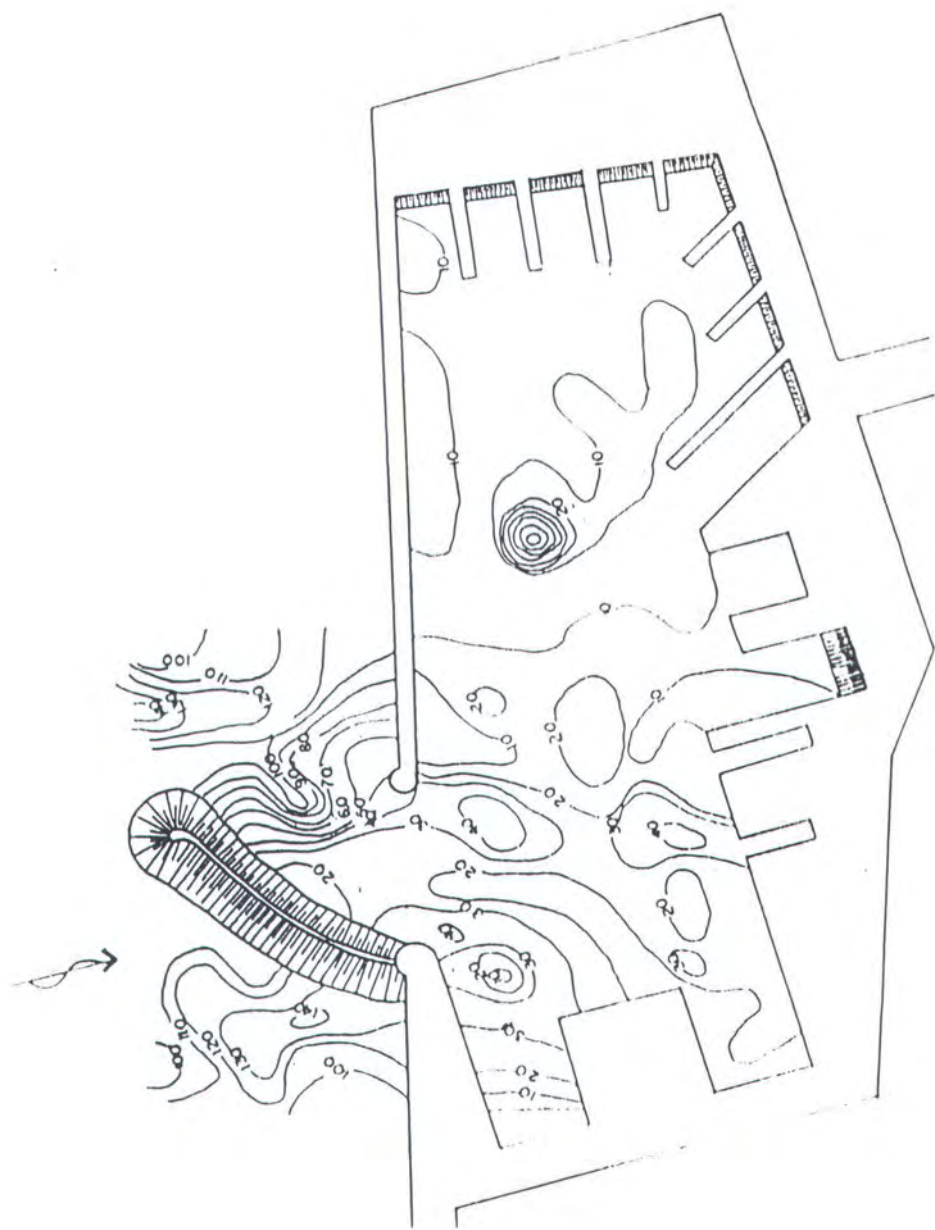


LAMPIRAN E









HASIL PENGUJIAN PENETRASI GELOMBANG

Tinggi Gelombang Awal (H_0) : 2.308 cm
 Periode Gelombang : 0.775 detik (P : 6 detik)
 Panjang Gelombang : 0.991 m

Kode Pengujian : PGA . 1
 Tanggal Pengujian : Senin, 13 Nopember 1995

Persentase terhadap Tinggi Gelombang Datang (%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
N																						
M																						
L																						
K																						
J																						
I																						
H				213.82	108.45	99.26	168.02	103.86	129.81	90.12	168.02	122.18	129.81	198.57	198.57	160.36	67.20	129.81	175.65	76.39	76.39	
G	67.20	137.48	233.67	117.59	187.87	145.10	57.20	145.10	84.01	99.26	79.42	145.10	103.86	160.36	122.18	183.28	82.50	106.93	122.18	129.81	54.98	
F	65.68	85.53	183.28	187.87	58.06	175.65	42.76	122.18	106.93	145.10	27.51	198.57	73.31	198.57	187.87	94.71	221.45	96.23	61.09	213.82	58.06	
E				274.91	74.83	168.02	152.73	103.86	125.78	114.56	99.26	129.81	213.82	122.18	61.09	152.73	213.82	122.18	129.81	137.48	97.75	
D				15.81	107.54	101.82	79.07	72.75	79.07	75.91	74.35	88.56	134.45	42.72	34.79	75.91	56.93	75.91	31.63	110.70	60.10	56.93
C			14.25	41.12	186.61	41.12	25.30	123.35	79.07	79.07	34.79	88.56	66.42	75.91	63.26	63.26	66.42	74.35	0.00	88.56	102.82	75.91
B		14.25	17.42	34.79	197.70	118.63	83.84		45.88	31.63	44.28		92.24		53.77	34.79	44.28	87.00	118.63	134.45	63.26	66.42
A		23.74								17.42	47.44		150.25			50.61	37.95	118.63				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

HASIL PENGUJIAN PENETRASI GELOMBANG

Tinggi Gelombang Awal (H_0) : 2,135
 Periode Gelombang : 0,645 detik
 Panjang Gelombang : 0,647 m

Kode Pengujian : PGA . 5A
 Tanggal Pengujian : Selasa, 26 Desember 1995

	Tinggi Gelombang Rata-rata (% H_0)																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
N	68.934	94.539	104.39	98.473	86.66	70.904	70.904	78.782	68.934	86.66	86.66	100.45										
M	98.478	82.721	92.569	65.98	106.36	64.995	116.2	70.904	110.3	102.42	86.66	80.752										
L	102.42	102.42	94.539	74.843	86.66	61.056	70.904	74.843	86.66	78.782	102.42	74.843										
K	88.63	86.66	94.539	98.478	83.706	106.36	90.6	94.539	86.66	118.17	74.843	74.843										
J	90.6	102.42	78.782	57.117	108.33	102.42	78.782	51.208	70.904	74.449	70.904	86.66										
I					50.82	36.3	39.93	39.022														
H				19.057	41.745	90.749	79.406	83.943	28.132	23.595	19.965	19.965	11.797	19.965	15.427	15.427	7.0331	9.9824	18.15	9.0749	19.965	
G	8.5212	16.789	18.654	23.595	33.577	93.018	88.481	77.137	59.895	14.52	25.41	9.0749	11.797	16.789	19.057	15.881	18.604	18.15	18.15	12.705	1.452	
F	17.696	12.705	9.5287	31.762	38.115	70.331	104.35	92.111	31.762	36.3	9.0749	9.9824	6.3525	14.52	16.335	12.705	12.705	11.797	6.3525	4.5375	6.8062	
E				9.9824	32.67	61.256	90.749	86.212	47.19	29.04	32.67	9.9824	12.705	7.7137	7.4868	6.8062	17.242	10.89	5.445	16.335	12.251	9.9824
D				19.965	19.965	45.375	70.331	83.943	65.34	47.19	27.225	29.04	15.427	16.335	6.8062	1.452	4.9912	3.1762	14.52	5.445	7.7137	11.797
C			11.344	13.612	38.115	41.745	52.635	95.287	63.525	25.41	36.3	27.225	16.335	19.057	19.965	9.5287	4.0837	1.815	7.9406	3.1762	10.436	4.9912
B		12.705	10.89	4.0837	42.652	28.132	34.485		68.97	54.45	23.595		52.635		17.242	9.5287	15.427	4.9912	4.5375	8.1674		3.4485
A		14.52					50.82		56.265	42.652	30.855		24.502			9.5287		13.612				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

HASIL PENGUJIAN PENETRASI GELOMBANG

Tinggi Gelombang Awal (Ho) : 2,038
 Periode Gelombang Rencana : 0,645 detik
 Panjang Gelombang Rencana : 0,647 m

Kode Pengujian : PGDB -2A
 Tanggal Pengujian : Jum'at, 29 Desember 1995

Persentase terhadap Tinggi Gelombang Datang (% Ho)																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
N	87,75	91,93						91,93	96,11	110,73	117,00	96,11										
M	121,18	133,72	52,23	30,29	14,10	18,80	45,96	71,04	98,20	106,55	83,57	83,57										
L	104,47	114,91	55,37	48,05	26,12	45,96	52,23	37,61	75,21	89,84	133,72	108,64										
K	100,29	117,00	83,57	39,70	20,37	45,96	27,16	35,52	68,95	104,47	94,02	96,11										
J	89,84	129,54	45,96	35,00	18,80	24,03	50,14	54,32	65,81	98,20	131,63	96,11										
I					17,76	23,59	33,43	44,92														
H				5,85	32,52	21,14	48,23	47,69	15,17	20,32	11,92	14,63	12,46	11,65	5,31	6,61	5,31	2,98	3,03	6,07	7,26	
G	3,03	6,72	75,44	17,07	15,17	36,85	31,43	36,85	35,77	13,55	15,80	8,67	12,19	3,03	6,50	3,79	5,09	2,49	6,40	2,60	5,20	
F	3,03	3,36	15,01	26,56	13,82	37,94	33,60	13,01	35,23	14,63	6,50	9,21	9,21	7,70	2,82	3,47	5,85	4,88	3,84	4,34	6,61	
E				15,17	14,63	23,30	21,68	32,52	33,60	22,76	13,01	14,09	5,64	2,28	4,99	3,79	5,20	3,69	3,69	6,07	3,90	4,99
D				13,01	7,59	32,52	18,97	37,94	14,63	31,43	24,93	6,50	7,37	6,94	1,52	3,90	2,17	6,07	4,99	1,30	7,15	1,52
C			8,40	13,82	12,46	17,88	14,09	25,27	12,46	13,55	31,43	6,07	13,82	5,20	7,91	3,47	1,03	1,73	5,42	3,69	1,57	2,55
B		5,85	5,20	6,77	5,09	32,52	21,41			9,76	25,56		5,85		5,64	4,12	4,01	2,82	3,90	7,15	3,12	2,66
A		6,50					6,72			4,23	5,07		23,30			7,05	3,59	4,88				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

HASIL PENGUJIAN PENETRASI GELOMBANG

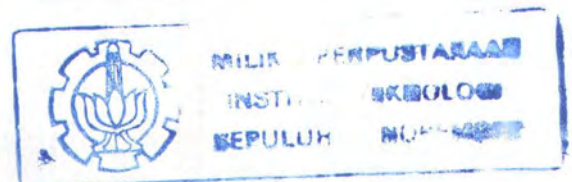
Tinggi Gelombang Awal (H_0) : 1,961
 Periode Gelombang Rencana : 0,775 detik
 Panjang Gelombang Rencana : 0,991 m

Kode Pengujian : PGOB - 2
 Tanggal Pengujian : Rabu, 3 Januari 1996

Persentase terhadap Tinggi Gelombang Datang (% Ho)																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
N	99.79	104.13	93.28	78.09	108.47	94.36			86.77	108.47	91.11	117.14										
M	114.97	101.96	82.43	99.79	95.45				82.43	104.13	104.13	112.80										
L	97.62	95.45	95.45	82.43			17.35	52.06	80.26	106.30	99.79	117.14										
K	91.11	93.28	110.63			10.30	18.44	41.22	53.15	85.45	97.62	114.97										
J	97.62	104.13	121.48			20.07	17.35	108.47	56.40	75.93	95.45	108.47										
I					6.07	20.61	34.71	47.72														
H				6.54	9.54	14.18	25.09	25.36	22.36	8.62	7.53	7.64	5.02	1.20	4.36	5.56	2.89	3.60	6.76	5.45	6.00	
G	2.07	1.31	3.16	5.89	10.64	6.11	33.27	28.36	15.27	7.53	3.00	10.09	5.24	1.75	3.27	2.07	3.60	2.84	7.85	3.27	2.07	
F	0.55	2.62	7.64	10.91	6.98	16.36	30.54	16.91	14.18	2.95	13.09	8.18	10.47	6.54	4.36	7.09	1.20	1.64	2.73	3.00	2.18	
E				9.54	4.80	17.18	38.18	17.73	5.02	3.82	3.33	2.29	3.82	6.76	7.64	3.49	4.69	3.82	3.27	3.82	4.25	3.27
D				2.18	9.82	15.82	27.27	14.73	13.09	3.27	2.35	7.42	6.54	5.67	5.89	8.94	4.36	2.18	3.82	3.82	2.29	2.35
C			3.60	6.76	14.18	15.27	25.09	10.91	12.00	10.36	2.18	12.27	2.29	5.89	4.64	2.07	4.58	0.87	2.62	0.87	1.20	4.47
B		2.13	4.36	12.00	16.09	12.00	21.27			10.91	5.13		8.73		2.18	4.53	4.80	1.64	8.51	2.84	2.56	0.11
A		3.82					20.72			4.04	8.73		13.09			1.31	4.36	5.24				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22



LAMPIRAN F



LIST PROGRAM MENGHITUNG HARGA Q

```

Program integral;
uses crt;
var a,z,x1,x2,y,total1,total2,Fo,Fn,Co,Cn,h,integ1,integ2,I1,I2,Qi,k:real;
    i,n,g,No,ref,bar,stop:integer;
    F,C :array[1..5300] of real;
procedure persamaan;
begin
    x1:=exp(z*ln((1-y)/y));
    x2:=exp(z*ln((1-y)/y))*ln(y);
end;
begin
    clrscr;
    writeln;
    writeln('          INTEGRAL SIMPSON 3/8 RULE');
    writeln;
    write('Banyak data yang di RUN : ');readln(bar);
    stop:=0;
    writeln('_____');
    writeln('| No | z | A | Q |');
    writeln('-----');
repeat
    stop:=stop+1;
    gotoxy(1,7+stop);write('|');
    gotoxy(3,7+stop);write(stop:2,' |');
    gotoxy(8,7+stop);read(z);gotoxy(14,7+stop);write('|');
    gotoxy(16,7+stop);read(a);gotoxy(26,7+stop);write('|');
    n:=5298;
    i:=0;
    total1:=0;total2:=0;

```

```

y:=a;persamaan;Fo := X1;Co:=X2;
h:=(1-a)/n;
y:=a;
repeat
  i:=i+1;
  y:=y+h;
  persamaan;
  g:= i mod 3;
  if g<>0 then
    begin
      F[i] := 3*X1;
      C[i] := 3*X2;
    end
  else
    begin
      F[i] := 2*X1;
      C[i] := 2*X2;
    end;
  total1 := F[i]+total1;
  total2 := C[i]+total2;
until (i = n-1);
integ1 := 3*h/8*(Fo+total1);
integ2 := 3*h/8*(Co+total2);
I1 := 0.216*exp((z-1)*ln(A))/exp(z*ln(1-A))*integ1;
I2 := 0.216*exp((z-1)*ln(A))/exp(z*ln(1-A))*integ2;
Qi := I1*ln(33/A)+I2;
gotoxy(28,7+stop);writeln(Qi:11:3,' |');
until stop=bar;
writeln('-----');
repeat until keypressed;
readln;
end.

```